RAPPORT DE RECHERCHE

ÉVALUATION DES FILTRES POUR GÉNÉRATEURS D'AIR CHAUD RÉSIDENTIELS

SÉRIE SUR LES TECHNOLOGIES DU BÂTIMENT

SCHL CMHC

AU COEUR DE L'HABITATION

Canada

SCHL—Au cœur de l'habitation

La Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) est au cœur de l'habitation. Toutes ses activités visent à aider les Canadiens et les Canadiennes à vivre dans un logement sûr à tout point de vue.

À titre d'organisme national responsable du logement, la SCHL joue un rôle important dans le secteur canadien de l'habitation. Elle propose de nouvelles façons de financer l'achat des maisons. Elle favorise l'innovation dans le domaine de la technologie et de la conception des habitations. Grâce à son assurance prêt hypothécaire, elle aide les Canadiens et les Canadiennes à réaliser leur rêve et à posséder leur propre maison.

Les Canadiens et les Canadiennes tirent avantage de la collaboration de la SCHL avec ses partenaires des secteurs public, privé et sans but lucratif en vue d'améliorer la qualité et l'accessibilité des logements et de faire en sorte qu'ils soient plus abordables, partout au pays.

L'aide accordée par la SCHL permet aux ménages à faible revenu, aux aînés, aux personnes handicapées et aux Autochtones de vivre dans des logements convenables et abordables. La SCHL crée des emplois pour les Canadiens et les Canadiennes dans le domaine des produits et services en aidant le secteur de l'habitation à exporter ses connaissances et ses compétences dans d'autres pays.

Les recherches de pointe effectuées par la SCHL améliorent la qualité des logements et font en sorte que ceux-ci soient plus abordables. Afin d'aider les Canadiens et les Canadiennes à tirer profit de son savoir-faire dans le domaine de l'habitation et à prendre des décisions éclairées, la SCHL est devenue le plus important éditeur canadien de publications portant sur le logement. Elle possède également la collection la plus complète de documents sur l'habitat.

Les Canadiens et les Canadiennes peuvent avoir facilement accès à nos informations par l'entremise des points de vente et des bureaux régionaux de la SCHL.

Vous pouvez aussi communiquer avec nous par téléphone :
1 800 668-2642 [à l'extérieur du Canada : (613) 748-2003]
ou par télécopieur : (613) 748-4069.
Pour nous joindre en direct, visitez notre page d'accueil à l'adresse suivante : « www.cmhc-schl.gc.ca »

La Société canadienne d'hypothèques et de logement appuie la politique du gouvernement fédéral sur l'accès à l'information pour les personnes handicapées. Si vous désirez obtenir la présente publication en des médias substituts, composez le 1 800 668-2642.

101-01090/

ÉVALUATION DES FILTRES POUR GÉNÉRATEURS D'AIR CHAUD RÉSIDENTIELS

Rédigé pour :

Don Fugler, directeur de projet de la SCHL

Rédigé par :

Dara Bowser
Bowser Technical Inc.

1999

La SCHL offre une vaste gamme de produits d'information sur le logement. Pour obtenir plus de détails, veuillez composer le 1 800 668-2642 ou visitez notre site Web à www.cmhc-schl.gc.ca

This publication is also available in English under the title "Evaluation of Residential Furnace Filters".
PE0343

Cette recherche a été financée par la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL). La qualité rédactionnelle de ce rapport, son contenu et les opinions qui y sont émises sont de l'auteur. La SCHL ne saurait en assumer la responsabilité et se dégage de toute obligation relativement aux conséquences résultant de l'utilisation que le lecteur pourrait faire des renseignements, des matériaux ou des techniques qui y sont décrits.

Données de catalogage avant publication (Canada)

Bowser, Dara

Évaluation des filtres pour générateurs de chaleur résidentiels

Publ. aussi en anglais sous le titre: Evaluation of residential furnace filters.
Comprend des références bibliographiques.

ISBN 0-660-96186-5
No de cat. NH15-318/1999F

1. Filtres — Évaluation.
2. Chauffage à air chaud.
3. Habitations — Chauffage et ventilation.
I. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
II. Titre.

TH7479.B68 1999 697.9'324 C99-980259-3

© 1999, Société canadienne d'hypothèques et de logement. Tous droits réservés. La reproduction, le stockage ou la transmission d'un extrait quelconque de cet ouvrage, par quelque procédé que ce soit, tant électronique que mécanique, par photocopie ou par microfilm, sont interdits sans l'autorisation préalable écrite de la Société canadienne d'hypothèques et de logement.

Imprimé au Canada
Réalisé par la SCHL

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier les personnes et les organisations suivantes de leur contribution à la qualité de cette recherche :

Andy Gould, Union Gas
Barry et Carol Bowman, Barry Bowman Mechanical
Bill Coxhead, G.C. McDonald Supply
Brian Bower, BML Multi-Trades
Charmaine Roye
Chris Schumaker, Enermodal Engineering
Colin Low
Dale Mann, Asthma Education Clinic, St. Joseph's Hospital, Brantford
Doug McLeish
Ferg Ferrell, Ferrell Heating & A/C
Frank Vaculick
Gary Fisher, Fisher Heating
Glenn Brown, Glenn Brown Sheet Metal
Grant Blackmore, Eden Energy Ltd
Greg Allen, Allen Associates Ltd.
Inis Price
John Kokko, Enermodal Engineering
Brant County Lung Association
La famille Brown
La famille Carlton
La famille McEachren
La famille Roy
La famille Vinnai
La famille Vos
Lynn et Paul Schumaker
Mike et Peggy Hurley, Hurley Real Estate
Peter Grinbergs, Nutech Energy Systems
Randy Dejeager, Frontier Refrigeration
Reg Madison
Rob Myhre, Frontier Refrigeration
Ron Saldine, Honeywell
Ted et Patti Mcleister
Tom Marriott, Union Gas
Tony Forgione, ville de Brantford

L'équipe de projet

Dara Bowser
Will Kwan
Allan Roye
Kevin Cole

RÉSUMÉ

Les générateurs d'air chaud sont d'usage courant au Canada. À l'origine, les filtres placés dans les réseaux de conduits d'air étaient conçus pour protéger le générateur de chaleur et les ventilateurs. Au cours des dernières années, toutefois, on s'est efforcé de plus en plus d'améliorer l'efficacité des filtres dans le but de réduire l'exposition des occupants aux particules respirables.

Lors de cette recherche, on a utilisé en alternance plusieurs filtres au sein de six maisons du sud de l'Ontario durant la saison de chauffage. Les concentrations de particules ont été mesurées continuellement dans l'air extérieur, avant et après le filtre à l'intérieur des conduits, puis dans l'air de deux pièces de chaque maison.

Les résultats obtenus montrent que l'air qui passe à travers les filtres est généralement dépoussiéré conformément à l'efficacité nominale des filtres. Cependant, l'exposition intégrée en zone de respiration tient compte à la fois des mécanismes de production et d'élimination de la poussière. C'est pourquoi les réductions de l'exposition à l'intérieur de la zone de respiration n'ont pas été aussi importantes que celles observées dans les conduits.

On a aussi effectué une étude limitée sur un purificateur d'air portatif qui a montré que ce genre de filtre peut avoir un effet important sur l'exposition de la zone de respiration dans une pièce.

Une étude portant sur 15 autres maisons dont l'air était purifié par filtrage électrostatique a mesuré les concentrations d'ozone.

TABLE OF CONTENTS

1 SURVOL, ÉNONCÉ DES OBJECTIFS

Introduction 1
Objectifs 1
Limites 2
Taille des particules 3
Méthodes de classement 3
Information fournie par les fabricants et les fournisseurs 4
Comment les filtres modifient-ils l'exposition d'une personne? 5
Filtration locale contre filtration centrale 5
Les purificateurs d'air électroniques et l'ozone 5
Recherches antérieures 6

2 DESCRIPTION DES MÉTHODES

Information fournie par les fabricants et les fournisseurs 9
Numération des particules versus méthode gravimétrique 9
Essai préliminaire de 10 filtres 9
Essais couvrant toute la maison 10
Méthodes d'échantillonnage pour les personnes 11
Modèle d'infiltration, d'élimination et de remise en suspension 11
Débit d'air, fonctionnement et puissance du ventilateur 12
Enquête sur le terrain sur les purificateurs d'air électroniques 12
Purificateurs d'air portatifs 13

3 COMMENTAIRE/RÉSULTATS

Efficacité en amont et en aval 15
Performance au chapitre du débit d'air 18
Fonctionnement intermittent ou continu du ventilateur 20
Efficacité de la réduction des particules respirables dans une enceinte occupée 21
Résultats des échantillonnages effectués sur les personnes et dans l'enceinte 26
Frais d'électricité 27
Coût de l'air propre 29
Production d'ozone par un filtre électrostatique propre ou sale 31
Production d'ozone par un filtre électrostatique : variation en fonction du débit d'air 31
Production d'ozone par un filtre électrostatique : contribution aux concentrations dans la maison 32
Purificateurs portatifs 33

4 CONCLUSIONS

Méthodes de classement des filtres 35
Résistance à l'écoulement de l'air 35
Exposition aux particules inhalables et respirables 35
Évaluation des différents types de filtre 35
Purificateurs d'air électroniques et production d'ozone 36

Coûts d'utilisation des filtres 36
Purificateurs d'air portatifs 37
Généralités 37

RÉFÉRENCES 39

Les annexes dont il est question dans ce document ne font pas partie de cette publication. On pourra les obtenir dans un document distinct au Centre canadien de documentation sur l'habitation. Pour en savoir davantage, prière de composer le (613) 748-2367 ou le 1 800 668-2642.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Efficacité en amont et en aval, mise à l'essai de 10 filtres dans la Maison 1 15
Figure 2 Efficacité en amont et en aval; moyenne de toutes les maisons 16
Figure 3 Débit d'air par rapport à une différence de pression statique pour huit filtres à plein débit mis à l'essai dans la Maison 1 18
Figure 4 Débit d'air en régime accéléré; Maison 1 19
Figure 5 Modification de la pression statique externe de l'installation; Maison 1 19
Figure 6 $CADR_{DA10}$ et total des L/s lorsque le ventilateur fonctionne en mode intermittent; Maison 4 20
Figure 7 20
Figure 8 WattsRMS et débit d'air total en L/s pour le fonctionnement intermittent du ventilateur; Maison 4 20
Figure 9 WattsRMS et débit d'air total en L/s pour le fonctionnement continu du ventilateur, Maison 4 20
Figure 10 Moyenne PM_{10} et PM_1 pour une maison, sur une période de 24 heures, filtre ESP, Maison 3 22
Figure 11 PM_1, moyenne de la maison, 24 heures, filtre ESP, Maison 3 22
Figure 12 PM_{10} et PM_1, moyenne de la maison, 24 heures, sans filtre, Maison 3 22
Figure 13 PM_{10}, moyenne de la maison, particules PM_{10} extérieures, renouvellement d'air en L/s , 24 heures, sans filtre, Maison 3 23
Figure 14 PM_1, moyenne de la maison, particules extérieures PM_1, renouvellement d'air en L/s, 24 heures, sans filtre, Maison 3 23
Figure 15 Particules intérieures contre particules extérieures PM_{10}, données pour les périodes d'activité, toutes les maisons 24
Figure 16 Particules intérieures contre particules extérieures PM_{10}, données pour les périodes de non-activité, maisons 1, 2, 3, 4 et 6 24
Figure 17 $CADR_{DA10}$ contre $CADR_{D10}$, L/s, données en période de non-activité, maisons 1, 2, 4c et 6 25
Figure 18 Amélioration du $CADR_{D10}$ par rapport au $CADR_{DA10}$, L/s, données pour périodes de non-activité, maisons 1, 2, 4c et 6 25
Figure 19 $CADR_{DA10}$ versus $CADR_{D10}$, données pour les périodes de non-activité, Maison 5 26
Figure 20 $CADR_{D10}$ versus $CADR_{DA10}$, données pour les périodes de non-activité, Maison 4 26
Figure 21 $CADR_{D10}$ versus $CADR_{DA10}$, données de transition, Maison 3 26
Figure 22 Excès de la moyenne individuelle par rapport à la moyenne de la maison, PM10 pour diverses activités, Maison 3 27
Figure 23 Efficacité moyenne de l'écoulement de l'air, en watts par L/s, toutes les données par rapport au filtre 27
Figure 24 Efficacité moyenne de l'écoulement de l'air, en watts par L/s, toutes les données par rapport à la maison 27
Figure 25 Intensité de la source d'ozone (microlitres/sec); filtre ESP avant et après le nettoyage 31
Figure 26 Changement de l'intensité de la source d'ozone (microlitres/sec) par rapport au changement de masse à la suite d'un nettoyage 31
Figure 27 Concentration de l'ozone par rapport au débit d'air 31
Figure 28 Concentrations d'ozone, à l'intérieur et à l'extérieur, avant le nettoyage du filtre ESP (en parties par milliard) 32
Figure 29 Concentrations d'ozone, à l'intérieur et à l'extérieur après le nettoyage (filtre ESP non utilisé) (parties par milliard) 32
Figure 30 Concentrations intérieures d'ozone avec surface de fuite équivalente de la maison et taux d'émission d'ozone 32
Figure 31 Rapport entre les concentrations de la chambre et la moyenne de la maison, avec et sans utilisation du filtre portatif 33
Figure 32 Rapport entre les concentrations du bureau et la moyenne de la maison, avec et sans utilisation du filtre portatif 33

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Filtres sélectionnés	9
Tableau 2	Filtres utilisés lors des essais portant sur toute la maison	10
Tableau 3	Performance alléguée par les fabricants par rapport aux essais	17
Tableau 4	Débit d'air à une pression statique fixe pour huit filtres à plein débit mis à l'essai dans la Maison 1	18
Tableau 5	Réduction moyenne de la concentration des particules intérieures PM_{10} sous le niveau enregistré en l'absence de filtre	24
Tableau 6	$CADR_{D10}$, $CADR_{DA10}$ et amélioration du $CADR_{DA10}$, maisons 1, 2, 4c et 6	25
Tableau 7	Fonctionnement du filtre 4"MED au ralenti et en accéléré, maisons 1, 5 et 6	29
Tableau 8	Frais d'investissement, d'entretien et d'utilisation de 10 filtres	30
Tableau 9	Concentrations d'ozone, à l'intérieur et à l'extérieur, avant le nettoyage de filtre ESP (en parties par milliard)	32

1. SURVOL, ÉNONCÉ DES OBJECTIFS

Introduction

Le but premier de cette étude était de recueillir des données sur lesquelles il serait possible de fonder des recommandations destinées au public pour le choix d'un filtre.

Plus de 60 % des habitations canadiennes sont pourvues d'installations de chauffage à air pulsé (RNCan, 1997) et le filtre le plus employé est un produit en fibre de verre jetable et peu coûteux. Ces filtres ont pour principale fonction de protéger le ventilateur ainsi que l'échangeur de chaleur du générateur d'air chaud, les fabricants n'ayant aucune prétention quant à leur efficacité pour le dépoussiérage.

Or, au cours des dernières années, les gens ont été de plus en plus sensibilisés à la qualité de l'air intérieur, et des filtres plus efficaces ont été lancés sur le marché. Les améliorations proposées vont de moyennes à élevées. Ainsi, on trouve maintenant une variété ahurissante de filtres, du filtre plissé jetable « à efficacité moyenne », au filtre à haute efficacité pour les particules de l'air (HEPA). L'efficacité des filtres peut être classée en fonction de divers paramètres tels que le rendement, les taches de poussière et le dioctylphtalate (D.O.P.) [ASHRAE, 1992; département américain de la Marine, 1956], mais on ne s'entend pas sur le système de classement le plus approprié pour les filtres domestiques. Il est donc difficile pour un propriétaire-occupant de choisir un filtre qui convienne à ses besoins et de savoir quels avantages il peut en tirer pour sa maison.

Pratiquement tous les types de filtres ont été mis à l'essai dans six maisons habitées représentant divers modes d'occupation, milieux (urbain et rural) et sources de poussière.

Objectifs

Objectifs particuliers

- Mettre au point un protocole d'essai permettant la comparaison de différents types de filtre.
- Établir un rapport entre les concentrations de particules mesurées dans les conduits, à des emplacements stationnaires au milieu d'une pièce, à l'extérieur et dans la zone de respiration d'une personne.
- Comparer la performance de filtres représentatifs dans plusieurs maisons.
- Définir les paramètres de fonctionnement (p. ex. les périodes d'utilisation du ventilateur ou son régime - ralenti ou accéléré) pour une installation à air pulsé qui maximise les avantages des divers filtres.[1]
- Évaluer dans quelle mesure un purificateur d'air portatif placé dans une chambre améliore l'élimination des particules (le cas échéant).
- Calculer les concentrations ambiantes d'ozone pour divers purificateurs d'air électroniques dans plusieurs maisons afin de comprendre les causes possibles et les moyens d'y remédier.[2]
- Présenter les données, les résultats et les conclusions de manière à ce qu'ils soient facilement traduisibles en information destinée aux consommateurs.
- Déterminer le rôle des filtres aménagés dans des conduits pour l'élimination des particules en suspension dans la zone de respiration à l'intérieur des maisons.

Questions
Pour atteindre ces objectifs, il fallait répondre aux questions suivantes :

- Dans quelle mesure les filtres placés à l'intérieur des conduits peuvent-ils réduire le nombre de particules en suspension dans l'air intérieur?
- Quels avantages procurent les différents types de filtre?
- Quelle est la performance relative des filtres mis à l'essai?
- Quelles sont les limites des filtres mis à l'essai?
- Qu'est-ce que les occupants peuvent réellement attendre des filtres mis à l'essai?
- Quels critères de sélection conviennent aux consommateurs?
- Les purificateurs d'air individuels offrent-ils des avantages mesurables?
- Quelles consignes d'utilisation et d'entretien doit-on suivre pour optimaliser l'efficacité ou préserver les avantages des filtres placés à l'intérieur des conduits?
- Existe-t-il des méthodes d'installation meilleures que d'autres?

En ce qui concerne la production d'ozone et les purificateurs d'air électroniques à plaques et à fils :

- S'agit-il d'un problème important pour ces dispositifs?
- Est-ce que la production d'ozone semble liée à des problèmes d'entretien ou d'installation particuliers?

Limites

Périodes d'essai limitées pour chaque filtre et chaque maison
Chaque filtre n'a été utilisé dans chaque maison que pendant quelques jours. C'est pourquoi il est impossible de répondre aux questions concernant

- le colmatage des filtres,
- le niveau d'accumulation de particules dans la maison et
- l'influence à long terme des concentrations de particules extérieures

en se fiant uniquement aux données recueillies lors de cette étude.

Essais menés en hiver seulement
Les essais ont été réalisés en hiver; les portes et les fenêtres étaient donc fermées. Les résultats obtenus ne peuvent pas nécessairement s'appliquer aux conditions estivales lorsque les portes et les fenêtres sont ouvertes plus souvent. Cela dit, on peut procéder à une certaine extrapolation des résultats pour les maisons où les portes et les fenêtres demeurent fermées en raison de l'utilisation d'un climatiseur.

Méthode d'essai non optimisée pour les filtres en dérivation
Au départ, l'étude devait porter sur des installations fonctionnant en mode intermittent, à régime ralenti ou accéléré et en mode continu. Malheureusement, il n'a pas été possible de modifier toutes les installations avec filtres en dérivation pour permettre un fonctionnement intermittent ou à régime ralenti ou accéléré. Consulter l'Annexe A.3 pour en savoir plus sur le sujet.

Périodes d'essai trop courtes pour tenir compte de la variabilité des particules extérieures
La période d'essai pour chaque filtre dans chaque maison couvrait une plage de 24 à 48 heures environ. Les concentrations de particules extérieures PM_{10}, par contre, ont pu varier considérablement en un court laps de temps durant cette période. Ainsi, durant la période d'essai du filtre électrostatique (ESP) installé dans la Maison 2, les concentrations de particules

extérieures PM_{10} moyennes étaient de 3,1 µg/m³. Durant l'essai du filtre 1"MED dans la Maison 3, les concentrations de particules extérieures PM_{10} moyennes atteignaient 23,1 µg/m³. Consulter l'Annexe I.3 pour en savoir plus sur le sujet.

Taille des particules

L'objectif de cette étude était d'évaluer des produits et des méthodes de filtration résidentiels en fonction de leur effet sur la qualité de l'air intérieur. C'est dans cet esprit que les essais ont été limités aux particules de moins de 10 micromètres de diamètre aérodynamique. Ce type de particules est couramment désigné par le symbole PM_{10} ou appelé particules inhalables en suspension.[3]

D'autres particules plus petites ont aussi été étudiées :

PM_5 Particules de moins de 5 µm
$PM_{2,5}$ Particules de moins de 2,5 µm (aussi appelées particules respirables en suspension)
PM_1 Particules de moins de 1 µm

Les particules respirables en suspension $PM_{2,5}$ entrent profondément dans les voies respiratoires. Certaines de ces particules peuvent pénétrer directement dans le circuit sanguin. Les particules dont le diamètre varie entre 2,5 et 10 µm ne pénètrent habituellement pas si profondément à l'intérieur des voies respiratoires et ont plutôt tendance à se loger dans les voies respiratoires supérieures. Les particules plus grosses que le seuil PM_{10} ne sont généralement pas respirées par les occupants durant les activités ordinaires.

Pour ce qui est de la tendance des particules en suspension à se déposer, les particules de plus de 5 µm de diamètre sont surtout touchées par la gravité. Quant aux particules de moins de 1 µm (PM_1), elles sont surtout touchées par les forces électromagnétiques, tandis que les particules de 1 à 5 µm sont touchées à divers degrés par des forces gravitationnelles et électromagnétiques.

Méthodes de classement

À l'heure actuelle, on accepte généralement quatre mesures de la performance des filtres qui s'appliquent aux filtres d'usage résidentiel :

- le rendement;
- les taches de poussière;
- le D.O.P.;
- le débit d'air propre.

Le rendement est obtenu au terme d'un cycle d'essai de rendement mené conformément à la norme ASHRAE 52.1 (ASHRAE, 1992). Cet essai est utile pour classer les filtres en fonction de leur capacité à filtrer des particules visibles et grossières, mais ne peut être utilisé pour classer les filtres d'après leur capacité à retenir les particules inhalables ou respirables. La valeur du rendement peut s'avérer très élevée (90 %) pour un filtre qui n'offre qu'une performance médiocre (de 10 à 20 %) pour l'élimination des poussières inspirables ou respirables. Les fournisseurs de produits de filtration utilisent souvent le mot « efficacité » pour désigner cette propriété étant donné qu'elle est exprimée en pourcentage d'élimination. Cette façon de faire est trompeuse puisqu'elle surestime énormément la capacité du filtre à retenir les particules inhalables ou respirables.

La méthode des taches de poussière atmosphériques est employée conformément à la norme ASHRAE 52.1 (ASHRAE, 1992). Cet essai est utile pour classer les filtres dans les limites des particules de poussières inhalables ou respirables. Le mot efficacité est souvent utilisé aussi pour désigner la méthode des taches de poussière, mais cette méthode donne en fait deux efficacités relativement aux taches de poussière :

l'efficacité initiale.....le filtre est propre
l'efficacité moyenne.....il s'agit de la moyenne entre les résultats initiaux et les résultats finaux

Pour cette étude, l'efficacité moyenne relative aux taches de poussière a été utilisée comme valeur par défaut.

L'efficacité D.O.P. (département américain de la Marine, 1956) provient d'un essai spécifique qui mesure la capacité du filtre de retenir les particules de 0,3 µm et plus. L'essai est pertinent dans le cas des filtres à haute efficacité pour les particules de l'air (HEPA) qui doivent offrir une efficacité d'élimination de 99,97 % selon cet essai afin d'être classés dans la catégorie des filtres HEPA.

Le débit d'air propre (CADR) est un terme général qui a été utilisé par des chercheurs (Leventin, 1992) dans des rapports faisant état des résultats d'essais de produits (*Consumer Reports Magazine*, 1992) et comme paramètre d'essai pour des purificateurs d'air portatifs (AHAM, 1998). Certains chercheurs (Offermann et coll., 1992) ont utilisé une expression similaire appelée « débit de dépoussiérage effectif » (ECR). Théoriquement, le CADR est le débit d'air parfaitement propre nécessaire pour produire un effet équivalant à celui du purificateur d'air en question. En pratique, toutefois, le débit d'air propre est tiré soit :

de l'efficacité mesurée et du débit d'air du dispositif d'assainissement de l'air[4]:

[débit d'air] x [% d'efficacité de l'élimination des particules] = $CADR_{DA}$

ou

de la disparition mesurée des particules en suspension dans l'enceinte d'essai[5] :

$$CADR_D = V^*(k_e - k_n)$$

où :

V = volume de l'enceinte d'essai
k_e = taux de disparition mesuré, L/temps
k_n = taux de disparition naturel, L/temps

Il est à noter que le CADR peut être exprimé en n'importe quelle unité de débit et pour des particules de tailles diverses. Par exemple, l'*American Home Appliance Manufacturers Testing Standard for Portable Air Cleaners* (AHAM, 1998) donne des valeurs CADR pour chacun des trois types de poussière suivants :

Fumée de cigarette.....diamètre de 0,09 à 1,0 µm (fumée de cigarette aspirée à travers le filtre d'une cigarette)

Poussière fine de purificateur d'air.....diamètre de 0,5 à 3,0 µm (poussière de route d'Arizona)

Pollen.....diamètre de 0,5 à 11 µm (pollen du mûrier à papier)

Pour cette étude, le débit d'air propre est donné comme $CADR_{10}$, $CADR_5$ ou $CADR_1$, soit le débit d'air propre pour les particules de 10, de 5 et de 1 µm respectivement.

Le CADR est une valeur nécessaire pour comparer des filtres à débit d'air variable dans des installations dont le débit d'air varie dans le temps, et dans des installations dont une partie de l'air est filtré et une autre partie ne l'est pas (filtres en dérivation).

Il est aussi utile de reconnaître que le $CADR_{DA}$ ne reflète que la valeur théorique du dispositif d'assainissement et qu'il est limité par la valeur d'efficacité en amont et en aval sur laquelle il est principalement fondé. Par contre, le $CADR_D$ représentera l'efficacité et les effets des installations susceptibles d'améliorer ou de réduire l'action du filtre dans l'enceinte. Ces effets peuvent impliquer des facteurs comme l'entraînement ou la remise en suspension de particules indésirables en aval du filtre, ou bien l'agglomération et le dépôt accéléré des particules causés par des effets électriques que l'efficacité en amont et en aval ne permet pas de détecter.

Information fournie par les fabricants et les fournisseurs

Un consommateur peut acheter un filtre chez un détaillant, le commander par la poste ou l'obtenir auprès d'un vendeur itinérant ou d'un entrepreneur en appareils de chauffage, de ventilation et de climatisation. Les vendeurs

itinérants peuvent faire la promotion de produits « santé » ou de services de nettoyage de conduits ou d'installation de systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation. Cette étude ne visait pas à examiner des pratiques de vente ou des allégations particulières, mais plutôt de vérifier les données suivantes :

- éventail des filtres offerts au Canada;
- allégations des fournisseurs faites aux consommateurs quant à la performance des filtres;
- allégations des fournisseurs relatives aux données de performance qu'on trouve dans la documentation technique;
- résultats d'essais réalisés par des laboratoires indépendants et fournis sur demande;
- coûts d'investissement initial, de pose et d'entretien annuel;
- aspects particuliers relatifs à l'entretien ou à la performance.

Comment les filtres modifient-ils l'exposition d'une personne?

Les particules inhalées par une personne dans un milieu intérieur proviennent d'un amalgame complexe de sources comme :

- les poussières de maison et de surface remises en suspension;
- la poussière produite par une activité comme la préparation des repas (cuisson);
- les phanères produits par un animal de compagnie ou une personne;
- les particules contenues dans l'air extérieur qui s'infiltrent dans la maison.

Lorsque la maison est inoccupée ou lorsque l'activité y est réduite (durant les heures de sommeil, p. ex.), les concentrations de particules peuvent atteindre des niveaux très bas. En période d'activité, toutefois, les concentrations de particules peuvent augmenter jusqu'à 10 à 20 fois les valeurs des périodes d'inactivité en raison de leur remise en suspension. Des concentrations de pointe durant certaines activités de cuisine peuvent même être 100 fois supérieures aux valeurs enregistrées en période d'inactivité.

Les concentrations de particules dans l'air extérieur peuvent être supérieures ou inférieures à celles de l'air intérieur et peuvent varier considérablement pendant des périodes aussi courtes que quelques heures. Certaines maisons peuvent permettre des renouvellements d'air plus ou moins importants et cette variable peut connaître des écarts énormes à court terme. La voie d'entrée de l'air extérieur peut aussi influer sur la quantité de particules qui peuvent pénétrer dans la maison. Certains voies d'entrée constituent des filtres efficaces alors que d'autres ne le sont pas.

Bien qu'un filtre puisse être très ou peu efficace pour retenir les particules circulant dans un circuit d'air, les avantages réels qu'en tirera une personne ne seront pas directement proportionnels avec la performance mesurée de ce filtre. En d'autres mots, un filtre possédant une efficacité de 95 % pour capter les particules de 2,5 µm ne permettra pas de réduire de 95 % la quantité de particules en suspension dans l'air de la maison. Seule une maison dont les infiltrations d'air extérieur sont très faibles et où l'activité des occupants est très réduite, voire inexistante, verra la réduction des particules approcher l'efficacité nominale du filtre.

Filtration locale contre filtration centrale

De nombreuses maisons canadiennes ne sont pas dotées d'installations centrales à air pulsé et, dans certaines maisons qui en sont pourvues, le fonctionnement continu du ventilateur n'est pas nécessairement souhaitable compte tenu des problèmes de bruit, de confort et de consommation d'énergie qu'il peut engendrer. Dans ces cas, un filtre local pourrait s'avérer préférable. Cette étude avait donc pour objectif secondaire de déterminer si ce genre de dispositif est efficace.

Les purificateurs d'air électroniques et l'ozone

Les purificateurs d'air électroniques (aussi appelés filtres électrostatiques ou, dans le présent

rapport, filtres ESP) sont populaires et sont présents dans les habitations canadiennes depuis au moins 20 ans. On sait que ces dispositifs à air pulsé produisent de l'ozone dans certaines conditions d'utilisation qui peuvent ou non être reliées à des questions d'entretien ou d'état. L'ozone est un irritant reconnu pour l'appareil respiratoire, et c'est l'un des principaux polluants de l'air extérieur dans le sud de l'Ontario. De nombreux rapports de recherche révèlent que les symptômes respiratoires commencent à une concentration de 80 parties par milliard, et des diminutions de la fonction pulmonaire chez des enfants en bonne santé pourraient apparaître à des concentrations aussi faibles que 60 parties par milliard (Spector et coll., 1988).

Récemment, des rapports ont été publiés à propos d'études menées par des agences fédérales canadiennes concernant les effets de l'ozone sur l'appareil respiratoire (*The Expositor*, 1999) selon lesquelles une concentration d'à peine 15 parties par milliard pourrait provoquer des effets sur la santé, et qu'une augmentation de 10 parties par milliard de l'ozone dans l'environnement affecterait la population.

La principale source d'ozone est l'air extérieur les jours de smog photochimique. Dans ces conditions, les concentrations extérieures étant d'au moins 80 parties par milliard, les personnes dont les voies respiratoires sont sensibles (souffrant d'asthme ou d'autres affections respiratoires) devraient en principe demeurer à l'intérieur, là où les concentrations d'ozone sont habituellement inférieures. L'ajout d'une importante quantité d'ozone dans l'air intérieur par un filtre électrostatique pourrait inopinément faire échec aux avantages que revêt cette mesure préventive.

Cette étude a porté sur 15 maisons dotées d'un filtre électrostatique (ESP). On a mesuré l'ozone, le débit d'air et les concentrations de particules avant et après le nettoyage du filtre et après une vérification de son fonctionnement.

Recherches antérieures

Les résumés ci-dessous font état de recherches pertinentes réalisées sur le même sujet. Consulter l'Annexe J pour en savoir davantage sur les différences entre ces études et la recherche dont il est ici question.

Raab - SCHL

En 1982, la SCHL a publié une étude de K.H. Raab portant sur les types de filtres vendus au Canada pour usage résidentiel. Cette étude n'était pas fondée sur des essais proprement dits et reposait sur des données recueillies auprès des fabricants et sur des rapports d'essais indépendants lorsqu'ils existaient.

McCuaig et Robinson - SCHL

En 1986, la SCHL a publié une étude réalisée par McCuaig et Robinson (OBOE Engineering Ltd) au sujet des caractéristiques éprouvées de filtres ordinaires, de filtres plissés à efficacité moyenne et de filtres électrostatiques utilisés au sein d'installations résidentielles à air pulsé. L'étude concluait que l'efficacité des filtres change en fonction de la vélocité, particulièrement en ce qui concerne les filtres à efficacité moyenne, et que la réduction du débit d'air des installations causée par le remplacement des filtres par des dispositifs à efficacité moyenne était généralement de moins de 20 %. On s'est aperçu que les filtres à efficacité moyenne n'étaient pas en mesure de retenir efficacement la fumée de tabac, sauf en régime ralenti. L'étude recommandait que la filtration à efficacité moyenne soit retenue dans les cas où le remplacement devait se faire à faible coût ou sans frais ne nécessitant, le cas échéant, qu'un simple réglage du dispositif de ventilation.

Offermann et coll.

Offermann et coll. (1992) ont étudié l'effet des filtres résidentiels sur l'élimination des particules dans une enceinte d'essai inoccupée dont la taille se comparait à un appartement. Les filtres testés s'insèraient dans un ventilateur de recirculation similaire à ceux de la présente étude, à l'exception des filtres en dérivation. Les particules de 0,01 à 1,75 µm qui ont été contrôlées étaient considérées comme représentatives de la fumée de tabac, le

polluant qui faisait l'objet de l'étude. Offermann et coll. ont exprimé leurs résultats sous forme de débit
de dépoussiérage effectif (ECR) qu'ils ont défini comme étant l'élimination apparente des particules dans l'enceinte (courbe de régression de la disparition) avec filtration, moins l'élimination apparente des particules sans filtration. Cette définition équivaut essentiellement à la définition du $CADR_D$ par l'AHAM et à l'usage du *$CADR_{D10}$-Amélioration* décrit dans la Figure 18 du présent rapport.

Offermann et coll. ont découvert que l'absence de filtre, les filtres à imprégnation visqueuse, les filtres électrostatiques passifs et les filtres électrostatiques à tampon de mousse présentaient des valeurs ECR très faibles comparativement au débit d'air de l'installation. Les filtres HEPA, les filtres électrostatiques et les filtres à efficacité de 95 % selon la méthode des taches de poussière qui ont été mis à l'essai par Offermann et coll. ont obtenu des valeurs ECR supérieures comparativement au débit d'air de l'installation. Compte tenu de ces résultats expérimentaux, l'équipe a prédit que ces filtres réduiraient les concentrations intérieures de particules à l'équilibre dans une fourchette s'établissant entre 9 % (aucun filtre) et 80 % (filtres à efficacité de 95 % selon la méthode des taches de poussière). Les coûts d'achat, d'utilisation et d'entretien ont aussi été calculés et comparés à la qualité probable de l'air propre qui serait diffusé par les dispositifs mis à l'essai. On a donc projeté un coût unitaire annuel pour l'air propre.

Burroughs et coll.

Burroughs et coll. (1998) ont mis à l'essai plusieurs filtres dans trois maisons d'Atlanta, en Géorgie. Les mesures des particules ont été prises en amont, en aval et dans le sous-sol. Les chercheurs ont testé des filtres ordinaires en fibre de verre, des filtres à efficacité de 95 % selon la méthode des taches de poussière et des filtres plissés de 25 mm, et ils ont évalué, à titre de référence, une installation dépourvue de filtre. Des particules de 0,3 à 10 µm ont été mesurées.

Les filtres n'ont pas réduit considérablement les débits d'air. L'efficacité des dispositifs évaluée en contrôlant l'air extérieur et l'air intérieur a été calculée pour chaque filtre ainsi que pour l'absence de filtre. Le filtre ordinaire en fibre de verre a obtenu une efficacité semblable à l'absence de filtre, tandis que le filtre à efficacité de 95 % selon la méthode des taches de poussière et le filtre plissé de 25 mm ont procuré une diminution notable des concentrations de particules dans l'air intérieur. Les valeurs médianes d'efficacité variaient de 30 % à 58 % pour l'absence de filtre et de 73 % à 89 % pour le filtre à efficacité de 95 %. Les valeurs d'efficacité calculées par Burroughs et coll. s'apparentent à la valeur $CADR_D$ dont fait état le chapitre 3 de la présente étude.

Information fournie par les fabricants et les fournisseurs

On a effectué une recherche sur l'information disponible, puis on a repéré 27 fabricants ou fournisseurs de filtres à air pour usage résidentiel au Canada. Ces fournisseurs proposent généralement entre un et cinq modèles.

De cette liste, 10 filtres modèles ont été sélectionnés parce qu'ils étaient représentatifs du type de filtres actuellement en usage dans les résidences au Canada. Le Tableau 1 dresse la liste des 10 filtres et en donne une description générique.

Tableau 1 :
Filtres sélectionnés

Code	Description générique	Plein débit ou dérivation
ORD	Filtre ordinaire	Plein débit
1"PLT	Filtre plissé de 25 mm	Plein débit
1"MED	Filtre plissé haut de gamme de 25 mm	Plein débit
PAS.E	Filtre électrostatique passif de 25 mm	Plein débit
E.PAD	Tampon à charge électrostatique	Plein débit
4"MED	Filtre plissé de 100 mm	Plein débit
95MED	Filtre plissé à efficacité de 95 % selon la méthode des taches de poussière	Plein débit
ESP	Filtre électronique à plaques et à fils	Plein débit
TFP	Dépoussiéreur à écoulement turbulent	Dérivation
HEPA	Filtre HEPA	Dérivation

On a recueilli les renseignements suivants pour chaque filtre :

- allégations du fournisseur à l'intention du consommateur quant à la performance du produit;
- allégations du fournisseur quant à la performance du produit dans la documentation technique;
- résultats des essais menés par des laboratoires indépendants fournis sur demande;
- frais d'investissement initiaux, de pose et d'entretien annuel.

Une liste complète des caractéristiques de chacun de ces filtres est donnée en annexe.

Numération des particules versus méthode gravimétrique

Les données sur la numération des particules ont été converties en concentration gravimétrique exprimée en microgrammes par mètre cube ($\mu g/m^3$) d'air au moyen d'hypothèses concernant la taille moyenne et la masse volumique établies à l'Annexe H.1. Les estimations gravimétriques ont été vérifiées à l'aide d'essais de rapprochement[6] grâce à des techniques traditionnelles d'échantillonnage gravimétrique effectué au moyen de séparateurs à chocs à raison de mesures fixes de 10 micromètres et de 2,5 micromètres. Consulter l'Annexe G.7 pour obtenir une description détaillée des méthodes utilisées.

Essai préliminaire de 10 filtres

Les 10 filtres figurant au Tableau 1 ont été mis à l'essai dans la Maison 1[7] selon un mode d'essai courant. Des essais ont été menés sur les éléments suivants :

- efficacité d'élimination des particules (amont et aval);
- $CADR_{DA}$, (débit d'air propre du dispositif d'assainissement de l'air);
- consommation d'énergie;
- caractéristiques du débit d'air.

Chaque filtre a été mis à l'essai pendant au moins 10 heures dans la première maison, durant des périodes d'activité et de non-activité. Chaque filtre était monté sur une section de conduit préparée à cette fin et équipée de postes de contrôle permettant de mesurer les particules directement en amont et en aval du filtre de même que le débit d'air et la différence de pression d'un côté à l'autre du filtre. Les particules ont été mesurées à l'aide du dispositif de numération décrit à l'Annexe G.1. Voir l'Annexe B des particules obtenir des descriptions détaillées des méthodes exactes employées ainsi que des protocoles d'essai.

Pendant ce temps, on a élaboré le protocole d'essai des cinq autres maisons.

Essais portant sur toute la maison

Pour évaluer l'effet de la filtration sur les occupants d'une maison canadienne type, cinq filtres ont été mis à l'essai dans six maisons[8] pendant une période de deux semaines, et ce, pour chaque maison. Les maisons étaient représentatives des maisons canadiennes typiques et des modes d'occupation courants. Les essais ont été réalisés en hiver (à fenêtres fermées). Un tableau décrivant les caractéristiques des maisons et des occupants est fourni à l'Annexe A.

Cinq filtres (figurant au Tableau 2) ont été sélectionnés parmi les 10 filtres originaux mis à l'essai dans la Maison 1 parce qu'ils représentaient le mieux la gamme de filtres disponibles et actuellement en usage au Canada.

La méthode d'étude a fait appel à des mesures en temps réel pour les concentrations de particules, l'état du générateur d'air chaud, la température et la vitesse du vent. Ces mesures ont été combinées avec les valeurs connues du débit d'air du générateur d'air chaud et de l'étanchéité à l'air de la maison afin de créer des enregistrements continus, s'étalant sur une période de 24 à 48 heures, des concentrations de particules intérieures et extérieures, de l'élimination des particules et du renouvellement d'air. Ces données ont été obtenues pour chacun des cinq filtres, et pour l'absence de filtre, dans chacune des six maisons.

Tableau 2 :
Filtres utilisés lors des essais portant sur toute la maison

Code	Description générique	Plein débit ou dérivation
ORD	Filtre ordinaire	Plein débit
1"MED	Filtre plissé haut de gamme de 25 mm	Plein débit
E.PAD	Tampon à charge électrostatique	Plein débit
4"MED	Filtre plissé de 100 mm	Plein débit
ESP	Filtre électronique à plaques et à fils	Plein débit
BYPASS	Dépoussiéreur à écoulement turbulent mis à l'essai dans la Maison 2, filtre HEPA mis à l'essai dans les maisons 1,3,4,5 et 6	Dérivation

Outre les paramètres mesurés, on a tenu un registre des activités en prenant soin de mentionner au moins les périodes de sommeil et de veille ainsi que la préparation des repas (cuisson) et le passage de l'aspirateur. Le détail des fiches d'activité variait considérablement d'une maison à l'autre.

Les paramètres suivants ont été mesurés en temps réel :

- les concentrations de particules dans les conduits d'air avant et après le filtre[9];
- les concentrations de particules dans une chambre;
- les concentrations de particules dans l'aire de séjour principale;
- les concentrations de particules à l'extérieur;
- le débit d'air lorsque le générateur est en marche ou arrêté et lorsque le ventilateur du générateur fonctionne en régime ralenti ou accéléré;
- la température intérieure et extérieure et la vitesse du vent.

Le débit d'air et la consommation d'énergie ont été mesurés pour chaque régime de ventilateur et pour chaque combinaison de filtre. L'étanchéité à

l'air de la maison a été mesurée conformément à la Méthode d'essai de l'ONGC n° 149.1[10] (ONGC, 1986).

Consulter l'Annexe C pour obtenir une description détaillée des méthodes et du protocole d'essai.

Méthodes d'échantillonnage pour les personnes

Des personnes ont fait l'objet d'échantillonnages au moyen d'un compteur de particules comportant un tube de collecte situé dans la zone de respiration de la personne qui le portait. Cet appareil était inséré dans un sac qui permettait à la personne de se déplacer librement. Certaines personnes ont signalé un certain inconfort causé par le poids de ce sac (2 kg). Les périodes pour lesquelles on possède des données individuelles vont de 15 minutes à 2,5 heures. Lorsque le lieu où circulait le porteur n'était pas connu, les échantillons de la zone de respiration ont été comparés aux valeurs moyennes de la maison, à savoir la moyenne des valeurs obtenues pour les particules de l'air dans la chambre, dans le séjour et dans l'air de reprise. Lorsqu'on savait que le porteur se trouvait dans une pièce à échantillonnage fixe, on a comparé les valeurs individuelles aux échantillons prélevés dans la pièce sans faire de moyenne pour les autres pièces.

Consulter l'Annexe D pour en savoir plus sur les méthodes d'échantillonnage.

Modèle d'infiltration, d'élimination et de remise en suspension

Effets d'élimination et de production

Les concentrations de particules en suspension dans un espace intérieur varient en fonction de plusieurs facteurs.

Élimination

- taux de sédimentation des particules en suspension (dépôt sur les surfaces de la maison);
- élimination des particules par l'action de l'installation mécanique et du filtre.

Ajout

- remise en suspension causée par les activités des personnes ou des animaux habitant la maison;
- infiltration de particules provenant de l'extérieur;
- production de particules par une activité comme la cuisson (ou l'utilisation d'une bougie).

Prédiction du renouvellement d'air

Les chercheurs ont prédit les taux de renouvellement d'air en se fondant sur des données climatiques en temps réel recueillies à chaque maison au moyen d'une station météorologique située tout près de la maison faisant l'objet d'essais. L'étanchéité à l'air de chaque maison a été déterminée grâce à la méthode de dépressurisation au moyen d'un ventilateur à débit contrôlé (ONGC, 1986) et la valeur résultante a été combinée avec les données de la station météorologique à l'aide de la méthode de calcul AIM-2 (Walker et Wilson, 1990) dans le but de produire une prédiction en temps réel du taux de renouvellement d'air de la maison.

On trouvera à l'Annexe G.3 des détails additionnels sur l'aménagement de la station météorologique. Les détails concernant les calculs des taux de renouvellement d'air sont consignés à l'Annexe H.7.

Analyse en régime stable

Pour pouvoir tenir compte de la remise en suspension occasionnée par l'activité, les données ont été séparées en trois catégories.

- Les données de *non-activité* comprennent seulement les périodes où il n'y a pas d'activité dans la maison (la maison est vide ou tous les occupants dorment) et elles ne sont mesurées que lorsque les concentrations de particules semblent s'être stabilisées.

- Les données d'*activité* comprennent seulement les périodes où une activité connue se déroule dans la maison, et où il se produit une remise en suspension ou une production actives de particules comme le montrent les tableaux de données en temps réel.

- La catégorie *toutes les données* inclut les données des périodes d'a*ctivité*, de *non-activité* et de *transition*[11].

Analyse dynamique

Une analyse dynamique a été effectuée en étudiant la constante de régression de la courbe de disparition entre les périodes d'activité et de non-activité. Le modèle utilisé, décrit à l'Annexe H.6, est fondé sur la concentration moyenne de la masse de particules de la maison, à savoir la moyenne des points d'échantillonnage aménagés dans la chambre et dans l'aire de séjour. Le modèle utilisé tient compte de l'effet du renouvellement d'air extérieur en présumant que le volume d'air de la maison est mélangé uniformément et que l'air qui s'infiltre est injecté de manière égale à 50 %[12] de la concentration de masse des particules qui a été mesurée au point d'échantillonnage extérieur.

Élimination globale des particules

D'autres études (Offermann et coll., 1992) ainsi que la norme de l'AHAM concernant les filtres (AHAM, 1998) soustraient le taux d'élimination naturel de l'enceinte du taux de disparition mesuré pour obtenir le CAD_D, lequel est attribuable à l'action du filtre. Cette étude présente les résultats à la fois du taux d'élimination global et de l'amélioration du taux d'élimination par rapport aux données de référence obtenues en l'absence de filtre.

Débit d'air, fonctionnement et puissance du ventilateur

Le débit d'air du générateur de chaleur et sa consommation d'énergie ont été mesurés pour chacune des conditions suivantes :

- aucun filtre;
- chacun des cinq filtres (10 filtres dans la Maison 1);
- régime ralenti et accéléré pour chaque filtre si le générateur d'air chaud fonctionne à deux régimes;
- filtre en dérivation lorsqu'on a mis en place ce genre de filtre.

Durant les essais, on a contrôlé les différents « états » du ventilateur du générateur de chaleur, soit en position d'arrêt, en régime ralenti et en régime accéléré, au moyen d'un enregistreur automatique. En combinant les mesures du débit d'air et de la consommation d'énergie conformément au filtre utilisé et à l'état du ventilateur, on a pu produire un tracé en temps réel du débit d'air et de la consommation d'énergie du générateur d'air chaud et le comparer au nombre de particules et aux données d'infiltration. Consulter les sections G.4 et G.5 de l'Annexe G pour en savoir plus sur les systèmes de mesure et d'enregistrement utilisés.

Enquête sur le terrain sur les purificateurs d'air électroniques

Collecte de données

Vingt ménages équipés de purificateurs d'air électroniques ont été repérés et ont fait l'objet d'un examen visant à déterminer la concentration d'ozone et le mode de nettoyage. On a offert aux occupants une mise au point complète de leur purificateur d'air électronique afin de les inciter à participer à cet examen. À cause de difficultés éprouvées avec le premier instrument de mesure de l'ozone utilisé, des données valides sur l'ozone n'ont pu être obtenues que de 15 maisons.

Paramètres mesurés et données recueillies :

- concentration d'ozone à l'intérieur et à l'extérieur;
- concentration d'ozone dans les conduits, avant et après le filtre ainsi qu'à la sortie du générateur de chaleur;
- débit d'air et pressions statiques du générateur de chaleur;
- concentration des particules (à tous les points de mesure de l'ozone);
- poids de l'élément du filtre et du préfiltre avant et après leur nettoyage;
- étanchéité à l'air de la maison;
- température intérieure et extérieure et vitesse du vent;
- habitudes des occupants en matière d'utilisation et de nettoyage des installations.

Consulter l'Annexe E pour obtenir une explication détaillée des méthodes d'essai utilisées.

Analyse des données sur l'ozone
Les concentrations d'ozone à l'intérieur et à l'extérieur sont données en parties par milliard. La quantité d'ozone produite par le filtre ESP dans l'air intérieur est exprimée sous forme d'intensite de source en microlitres/sec (µL/s).

Analyse des données sur l'élimination des particules
Bien que l'on ait recueilli des données permettant une certaine analyse de l'efficacité d'élimination des particules et de l'effet du nettoyage sur l'efficacité d'élimination des particules, ces données n'ont pas été analysées.

Purificateurs d'air portatifs

Un dispositif de filtration portatif[13] a été mis à l'essai dans une chambre et dans un bureau à domicile. La chambre en question ne présentait de l'activité que durant de courtes périodes pendant le jour. Dans un bureau à domicile, l'activité est, dans une certaine mesure, plutôt modérée tout au long de la journée. Consulter l'Annexe F pour avoir une explication détaillée des méthodes d'essai employées.

Efficacité en amont et en aval

Essai préliminaire de 10 filtres

La Figure 1 illustre les résultats des essais relatifs aux particules de catégories PM_{10}, PM_5 et PM_1. Les données couvrent un total de 252 heures, soit en moyenne 15 heures par filtre (à raison d'un minimum de neuf heures). Les périodes d'activité et de non-activité sont toutes deux incluses.

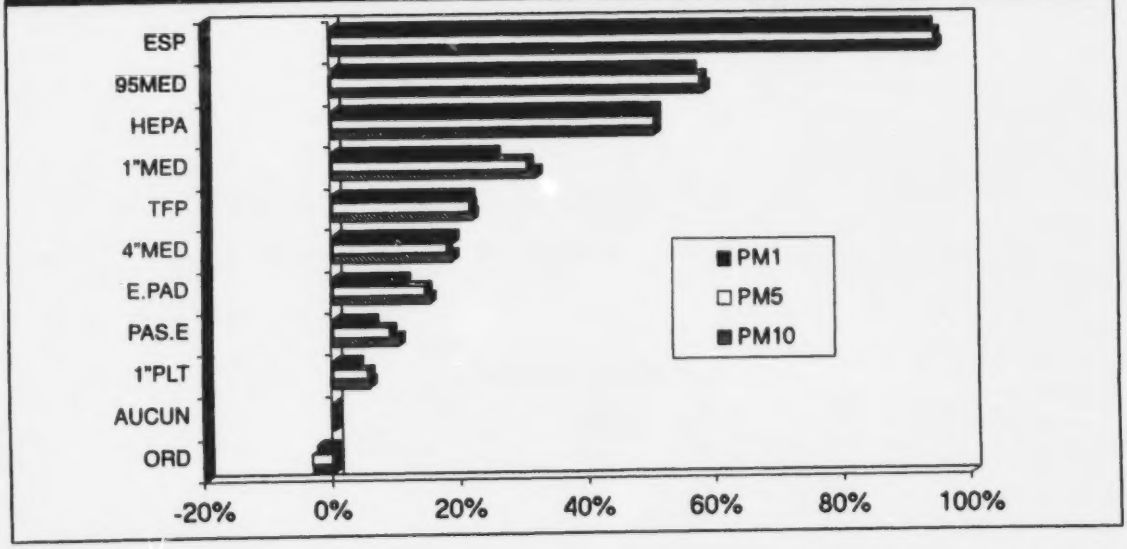
Comme on peut le constater, il y a très peu de différences entre l'efficacité mesurée des différentes catégories de particules. C'est pourquoi le reste de cette étude fait surtout état des valeurs PM_{10} relatives à l'efficacité en amont et en aval et ne mentionne les valeurs PM_1 que lorsqu'elles revêtent un intérêt particulier. Les valeurs PM_5 ne sont pas signalées car elles s'apparentent de très près, en général, aux valeurs PM_{10}.

En général, l'efficacité mesurée en amont et en aval va de légèrement négative pour le filtre ORD à plus de 90 % pour le filtre ESP. Le filtre haut de gamme de 25 mm (1"MED) a offert un bien meilleur rendement que son jumeau, le filtre 1"PLT. Bien que l'efficacité du dépoussiéreur TFP et du filtre HEPA n'ait pas été mesurée directement, l'efficacité du filtre comme tel au chapitre de l'élimination a semblé approcher les 100 % pour les deux dispositifs. Comme le filtre HEPA a filtré environ 50 % du débit d'air total, il a enregistré une efficacité de quelque 50 %.

Essai de cinq filtres dans six maisons

La Figure 2 présente les résultats des essais d'efficacité en amont et en aval relatifs aux particules PM_{10} et PM_1 pour cinq filtres posés dans six maisons. Ces valeurs moyennes représentent un total de 1 040 heures de données correspondant en moyenne à 173 heures par maison. Les données

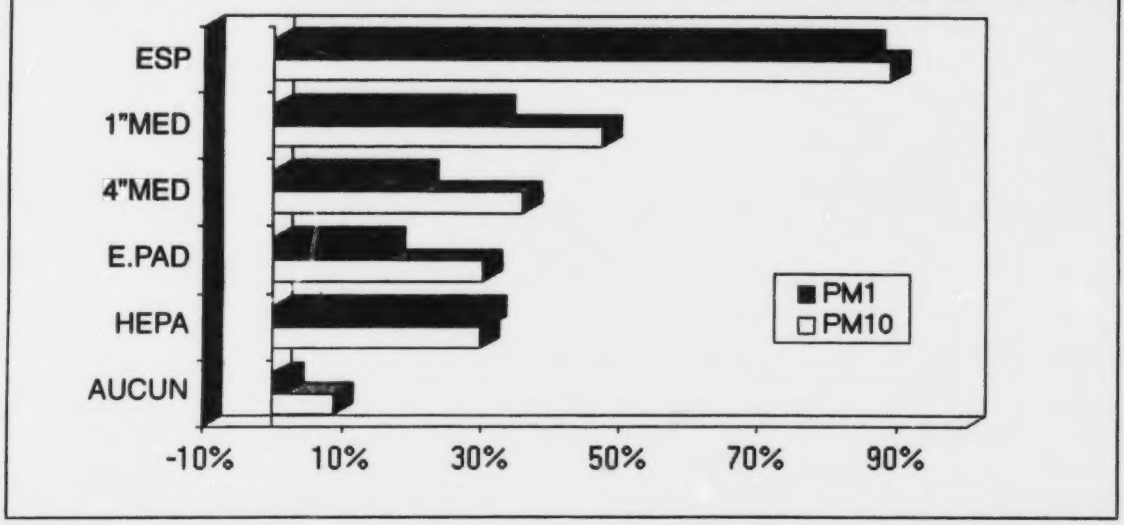
Figure 1
Efficacité en amont et en aval, mise à l'essai de 10 filtres dans la Maison 1[1]



Note

[1] Les dépoussiéreurs à écoulement turbulent (TFP) et les filtres HEPA sont des dispositifs posés en dérivation traitant respectivement 22 % et 51 % du débit d'air de l'installation. Toutefois, les chiffres d'efficacité fournis à la Figure 1 sont mesurés pour le débit d'air total, de sorte que l'efficacité implicite offerte directement par le filtre en dérivation approche les 100 % dans les deux cas.

Figure 2
Efficacité en amont et en aval: moyenne de toutes les maisons[1]



Note
[1] À l'exclusion des données du mode « automatique » du ventilateur de la Maison 4 et des données de la Maison 5.

portent sur les périodes d'activité, de non-activité et de transition. Une analyse similaire des périodes d'activité et de non-activité n'a pas fait ressortir de différences significatives entre l'efficacité en amont et en aval et ce qu'on a obtenu pour tout l'ensemble de données.

En général, les filtres sont classés en deux groupes : les filtres à très haute efficacité, représentés par les filtres ESP qui offre une efficacité d'environ 90 %, puis toute la gamme de filtres intermédiaires dont l'efficacité varie entre 25 % et 50 %. Les filtres en dérivation et les filtres ESP offrent une performance très similaire pour les particules de tailles PM_{10} à PM_1, alors que les autres filtres sont beaucoup moins efficaces pour capter les particules plus fines.

Comparaison avec les allégations des fabricants

Le Tableau 3 illustre l'efficacité d'élimination des particules mesurée pour chacun des 10 filtres mis à l'essai dans la Maison 1 par rapport aux allégations du fabricant.

Généralement, les allégations des fabricants et des fournisseurs peuvent être classées en plusieurs types :

- élimine XX % des particules en suspension (ou une allégation similaire);
- XX fois plus efficace qu'un filtre de type «_____» (habituellement le filtre « ordinaire »);
- rendement de XX % (habituellement le rendement moyen);
- efficacité de XX % selon la méthode des taches de poussière (habituellement efficacité moyenne obtenue par cette méthode);
- élimine XX % des particules après plusieurs passages (on donne habituellement la taille des particules).

Chez les fournisseurs de filtres à haute performance, la tendance semble être de fournir de l'information exacte. L'information relative aux filtres ESP, TFP et HEPA semble être tout à fait exacte lorsque les fournisseurs font référence à des résultats d'essais ou à une performance spécifique en ce qui concerne l'élimination des particules. Tous ces fournisseurs ont procuré sur demande aux chercheurs des données recueillies lors d'essais indépendants.

Pour les filtres 95MED et 4"MED, les résultats, selon notre méthode d'essai, ont donné des valeurs

Tableau 3
Performance alléguée par les fabricants par rapport aux essais

Code	Description générique	Performance alléguée par le fabricant	Résultats des essais d'efficacité en amont et en aval	
			% E PM_1	% E PM_{10}
ORD	Filtre ordinaire	• doit être remplacé chaque mois; fait de matériaux recyclés	-2	-3
1"PLT	Filtre plissé de 25 mm	• élimine 92 % des allergènes en suspension • 2 à 3 fois plus efficace que les filtres standards	4	6
1"MED	Filtre plissé de 25 mm haut de gamme	• 99 % des particules de l'air intérieur se composent de microparticules, • 20 fois meilleur que les filtres ordinaires, 7 fois meilleur que les filtres plissés ordinaires	25	32
PAS.E	Filtre électrostatique passif de 25 mm	• rendement moyen de 93 %	6	10
E.PAD	Tampon à charge électrostatique	• élimine 98 % des particules submicroniques en plusieurs passages • un seul passage: particules de 0,3 à 0,5 µm = 33-75 %; part. de 0,5 à 1,0 µm = 75 à 95 % • passages multiples: part. de 0,3-0,5 µm = 97 %; part. de 0,5 à 1,0 µm 98,6 %	11	15
4"MED	Filtre plissé de 100 mm	• efficacité moyenne de 32 % selon la méthode des taches de poussière • rendement moyen de 92 %	19	19
95MED	Filtre plissé à efficacité de 95 % selon la méthode des taches de poussière	• efficacité moyenne de 95 % selon la méthode des taches de poussière • rendement moyen de 99 %	56	58
ESP	Filtre électronique à plaques et à fils	• efficacité moyenne de 75 % selon la méthode des taches de poussière • rendement moyen de 98 %	94	95
TFP	Dépoussiéreur à écoulement turbulent	• 0.5 µm 84 % • 0.7 à 0.9 µm 87 % • 1 µm 92 % • 2 à 3 µm 95 % • 5 µm 99 % (selon la norme 52.1 de l'ASHRAE)	21[1]	22[1]
HEPA	HEPA	• efficacité D.O.P. de 99,97 %	51%[1]	51%[1]

Note

[1] Les dépoussiéreurs à écoulement turbulent (TFP) et les filtres HEPA sont des dispositifs posés en dérivation traitant respectivement 22 % et 51 % du débit d'air de l'installation. Comme l'efficacité est mesurée pour le débit d'air total, l'efficacité implicite offerte directement par le filtre en dérivation approche les 100 % dans les deux cas.

inférieures aux valeurs d'efficacité moyenne obtenues par la méthode des taches de poussière et publiées par les fournisseurs de filtres. Nos valeurs d'essai excédaient les valeurs d'efficacité moyenne en regard de la méthode des taches de poussière alléguées pour le filtre ESP. Ces différences sont plus que probables en raison de différences particulières dans la méthode d'essai et du fait que les essais réalisés à l'occasion de cette étude se sont faits avec des « filtres propres » et que, dans le cas des filtres à média, ils auraient tendance à sous-représenter la performance moyenne.

Le rendement moyen de 93 % allégué pour le filtre PAS.E s'appuie sur un essai de laboratoire indépendant. Le même essai en laboratoire a signalé que l'efficacité moyenne en regard de la méthode des taches de poussière était de « moins

Tableau 4
Débit d'air à une pression statique fixe pour huit filtres à plein débit mis à l'essai dans la Maison 1

Code	Débit d'air à 25 Pa, L/s	Débit d'air à 50 Pa, L/s
ORD	576	875
ESP	548	777
4"MED	475	775
PAS.E	329	507
1"MED	264	412
E.PAD	257	405
1"PLT	243	387
95MED	137	231

de 20 % », ce qui concorde avec nos propres résultats. Les fournisseurs des filtres 1"PLT et 1"MED ne donnent aucun paramètre de performance particulier. Ils renvoient plutôt à la performance d'autres filtres, en disant que leurs filtres sont tant de fois plus efficaces. Le fournisseur du filtre de générateur d'air chaud ordinaire n'a aucune prétention quant à la performance. En général, les fournisseurs ne possèdent pas de méthode uniforme pour faire part aux consommateurs de la performance des filtres.

Performance au chapitre du débit d'air

Les caractéristiques de débit d'air et de pression semblent varier considérablement entre les différents filtres, lorsque les valeurs sont exprimées en tant que débit d'air pour une pression statique fixe. Le Tableau 4[15] donne en L/s[16] le débit d'air des huit filtres sur circuit principal (dits à plein débit) mis à l'essai dans la Maison 1 à des pressions statiques fixes de 25 Pa et de 50 Pa. La Figure 3 montre les courbes de débit d'air par rapport aux courbes de pression[17] pour ces filtres.

Le filtre ordinaire (ORD), le filtre électrostatique (ESP) et le filtre plissé de 100 mm (4"MED) semblent offrir le moins de résistance à l'écoulement de l'air. Le filtre électrostatique passif (PAS.E), le filtre plissé de 25 mm (1"MED), le filtre à tampon chargé (E.PAD) et le filtre plissé de 25 mm (1"PLT) forment un groupe intermédiaire puisqu'ils offrent une résistance modérée à l'écoulement de l'air. Le filtre à efficacité de 95 % selon la méthode des taches de poussière (95MED) semble opposer la plus forte résistance à l'écoulement de l'air.

Figure 3
Débit d'air par rapport à une différence de pression statique pour huit filtres à plein débit mis à l'essai dans la Maison 1

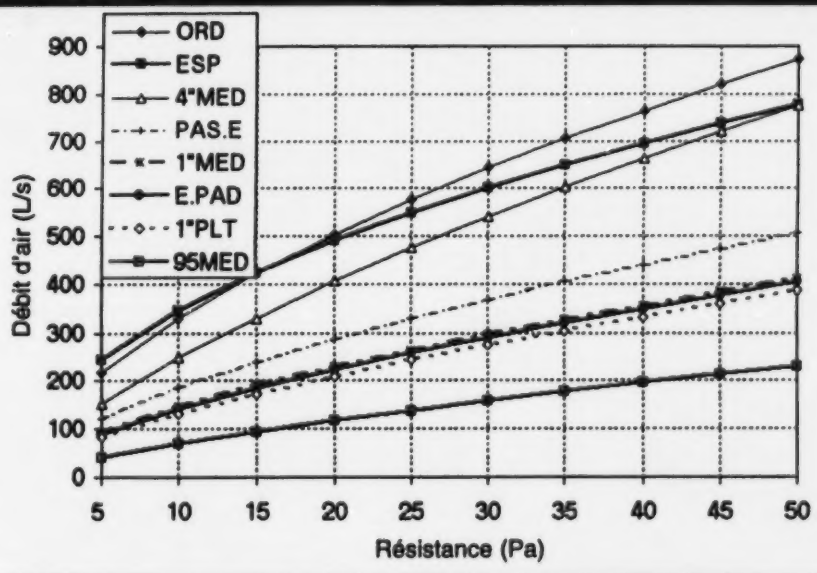


Figure 4
Débit d'air en régime accéléré: Maison 1

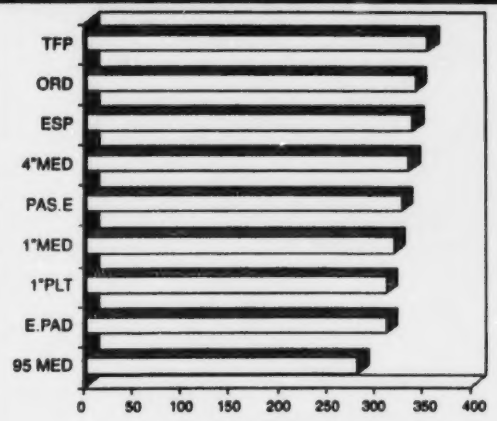
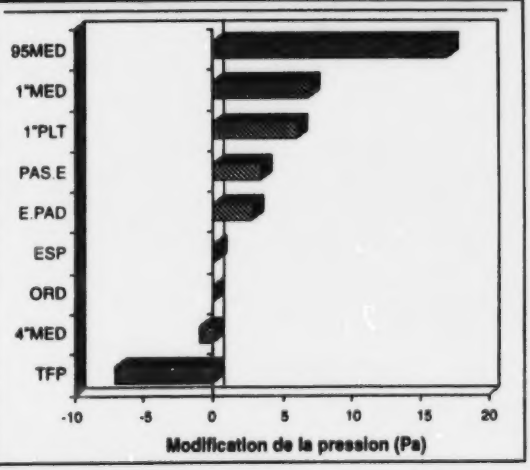


Figure 5
Modification de la pression statique externe de l'installation: Maison 1



La Figure 4 montre le débit d'air du ventilateur de la Maison 1 en régime accéléré pour les huit filtres sur circuit principal (à plein débit) et pour le filtre en dérivation TFP. L'écart entre la référence (filtre ordinaire) et le pire filtre est inférieur à 18 %. Toutefois, lorsqu'on ne tient pas compte du filtre 95MED, la réduction maximale du débit d'air est de 9 % ou moins. Le filtre TFP entraîne une augmentation du débit d'air global pour l'installation, étant donné que sa configuration « en dérivation » a tendance à réduire la vélocité dans une certaine partie du conduit de reprise d'air. Bien que les données ne soient pas présentées dans le présent rapport, le filtre HEPA a entraîné le même effet général.

Modification du débit d'air produit par la pose d'un nouveau filtre

Quoique le débit d'air varie largement à une différence de pression statique fixe, la modification réelle du débit d'air qui survient à la pose d'un nouveau filtre dans une installation particulière a tendance à être moins importante.

La Figure 5 montre le changement qu'a produit un nouveau filtre au chapitre de la pression globale de l'installation. En ce qui a trait au débit d'air, le changement réel propre à un filtre particulier autre que le filtre « ordinaire » est très minime. Le filtre le plus restrictif a entraîné une augmentation globale de la pression de l'installation de 17 Pa, soit environ 13 %. L'autre filtre le plus restrictif s'est traduit par une modification de la pression de l'installation de seulement 7 Pa ou 5 %. Quant au filtre en dérivation TFP, il a diminué la pression globale de l'installation de 7 Pa. Le filtre en dérivation HEPA a donné des résultats similaires au filtre TFP.

Bien qu'ils ne figurent pas dans ce rapport, les résultats des essais en régime normal et en régime ralenti pour cette installation se sont avérés similaires. C'est-à-dire que le filtre le plus restrictif a entraîné des réductions du débit d'air de moins de 20 % comparativement au filtre ordinaire, et l'autre filtre le plus restrictif a occasionné des réductions de débit d'air inférieures à 10 %. Notons que ces résultats sont valides pour les filtres appliqués à des vélocités relativement faibles, à savoir environ 3 m/s (600 pi/mn) ou moins.

Commentaire

Même si la résistance à l'écoulement de l'air semble être élevée pour une pression statique fixe, l'effet sur la capacité d'écoulement de l'air est plutôt réduit pour un générateur d'air chaud ou un ventilateur normal pour la plupart des filtres améliorés lorsqu'ils sont propres et bien dimensionnés.

Le pire filtre pour ce qui est du débit d'air est le dispositif à efficacité de 95 % selon la méthode des taches de poussière (95MED). Il s'agit d'un filtre

Figure 6
CADR$_{Air}$ et total des L/s lorsque le ventilateur fonctionne en mode intermittent. Maison 4

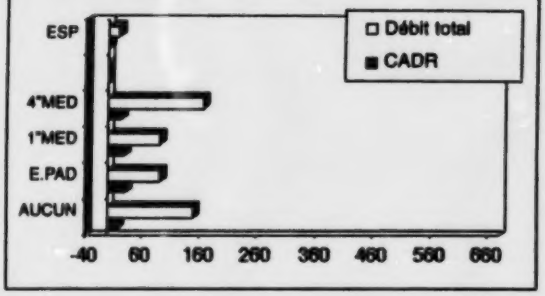


Figure 8
Watts$_{RMS}$ et total des L/s lorsque le ventilateur fonctionne en mode intermittent. Maison 4

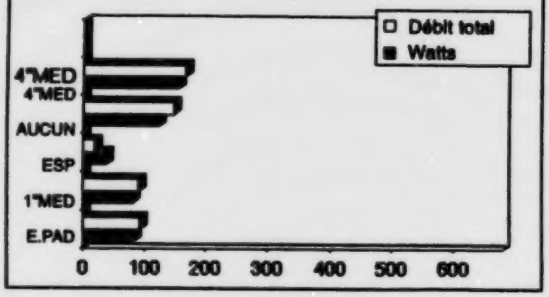


Figure 7

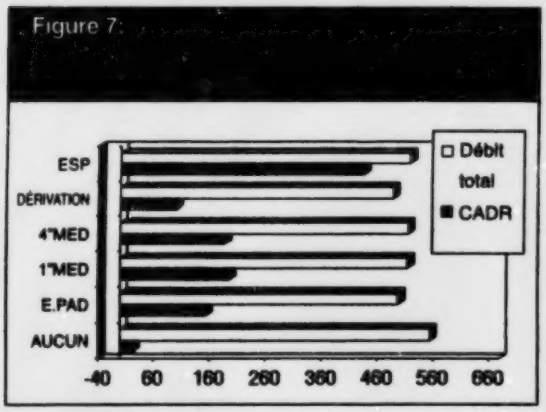
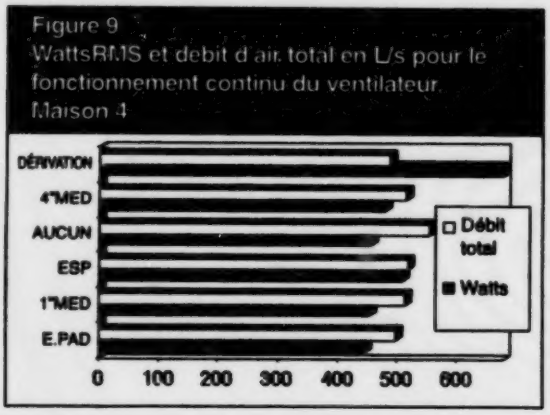


Figure 9
WattsRMS et debit d'air total en L/s pour le fonctionnement continu du ventilateur. Maison 4



commercial qui n'est pas très fréquent en usage résidentiel. Les filtres de ce type nécessiteraient probablement l'intervention d'un mécanicien relativement bien informé spécialisé en installations de traitement d'air afin que l'installation puisse fonctionner correctement. Ils ne devraient donc pas être mis en place par un occupant.

Les meilleurs filtres n'entraînent pratiquement aucun changement au débit d'air, quel qu'en soit le régime de fonctionnement. Les filtres posés en dérivation entraînent habituellement une augmentation globale du débit d'air à tous les régimes de fonctionnement.

Fonctionnement intermittent ou continu du ventilateur

Fonctionnement du ventilateur et débit d'air propre

Dans la Maison 4, le programme d'essai a été modifié pour que le ventilateur du générateur d'air chaud alterne entre les modes « automatique » (fonctionnement intermittent, seulement sollicité pour le chauffage) et « continu » un jour sur deux. Deux séries de données complètes ont été recueillies sur le fonctionnement en mode « automatique » comparé au mode « continu ».

La Figure 6[18] montre que le débit d'air moyen fourni par l'installation à air pulsé en mode « automatique » pour cette maison est très faible. En fait, le temps de fonctionnement moyen du ventilateur du générateur de chaleur dans ce mode a été de 20 %, et le débit d'air moyen a été établi à 111 L/s tandis que le $CADR_{DA10}$ moyen était de 20 L/s. Comme le $CADR_{DA}$ de l'installation dépend du débit d'air, il est, toutes proportions gardées, inférieur à ce qu'il aurait été si le ventilateur du générateur de chaleur avait fourni un débit d'air plus important.

La Figure 7 montre la même maison en mode continu. Le débit d'air et, par conséquent, les

débits d'air propre ont augmenté considérablement. Le ventilateur a fonctionné à 100 %, le débit d'air moyen pour l'installation a été de 507 L/s et le $CADR_{10}$ moyen a été de 207 L/s.

Fonctionnement du ventilateur et consommation d'énergie

La Figure 8 porte sur la même période que la Figure 6. La consommation d'énergie a atteint en moyenne 101 watts durant cette période. La Figure 9 illustre la même période que la Figure 7. La consommation d'énergie augmente proportionnellement, environ, avec le débit d'air (pour une moyenne de 521 watts). La consommation d'énergie pour les filtres en dérivation est plus élevée que celle des filtres sur circuit principal à cause de l'énergie accrue que doit consommer le moteur du ventilateur de l'installation en dérivation.

Efficacité de la réduction des particules respirables dans l'enceinte occupée

Effet de l'activité sur les concentrations de particules à l'intérieur

La Figure 10 montre un contrôle type mené dans une maison sur une période de 24 heures. Les concentrations PM10 et PM1 sont illustrées pour une maison équipée d'un filtre ESP en opération. Les concentrations représentent la moyenne des deux points de prélèvement intérieurs, soit la chambre et le séjour. Il est à noter que durant les périodes d'activité, les concentrations attteignent une valeur aussi élevée que 30 microgrammes par mètre cube.

La Figure 11 porte sur la même période de collecte de données mais montre seulement les valeurs PM1, l'amplitude étant plus faible, mais la ligne similaire. Les sommets qui y figurent surviennent peu importe le type de filtre utilisé. Ils ont aussi été observés dans le cas des moniteurs personnels. Essentiellement, l'activité crée un nuage de poussière qui submerge les concentrations générales et qui détermine le gros de l'exposition respiratoire. On notera que durant les périodes de repos (sommeil et absence de la maison), les concentrations de particules PM_1 tombent à près de zéro dans cette maison.

La Figure 12 concerne la même maison dépourvue de filtre. Les lignes sont similaires mais, pendant la période de repos, les concentrations de base sont considérablement supérieures à zéro. Il semble qu'un bon filtre peut réduire de beaucoup les concentrations de particules dans la maison durant les périodes de repos. Toutefois, pour la plupart des gens dans la plupart des maisons, cette exposition en période de repos ne constitue qu'une faible part de l'exposition totale aux particules, car l'exposition aux particules durant les périodes d'activité est de loin supérieure.

L'effet des concentrations de particules extérieures[19]

La Figure 13 donne les concentrations intérieures de particules PM_{10}, les concentrations extérieures de particules PM_{10} et le taux de renouvellement d'air comparé à la même période de 24 heures qu'à la Figure 12. Les concentrations intérieures de particules PM_{10} sont essentiellement indépendantes des concentrations extérieures, lesquelles varient de moins de 5 $\mu g/m^3$ à plus de 25 $\mu g/m^3$ sur une période de 24 heures. En général, les concentrations extérieures de particules PM^{10} s'apparentent aux concentrations intérieures durant les périodes d'activité, mais elles sont plus élevées qu'à l'intérieur durant les périodes de non-activité. Les taux de renouvellement d'air peuvent aussi varier considérablement, dans ce cas d'environ + ou - 30 % par rapport à la valeur moyenne sur une période de 24 heures.

La Figure 14 montre les concentrations intérieures de particules PM_1, les concentrations extérieures de particules PM_1 ainsi que le taux de renouvellement d'air pendant la même période de 24 heures dont il est question à la Figure 13. Les concentrations intérieures de particules PM_1 semblent être indépendantes des concentrations extérieures, les écarts variant de moins de 5 $\mu g/m^3$ à plus de 20 $\mu g/m^3$ pendant la période de 24 heures. Règle générale, les concentrations extérieures PM_1 sont plus élevées que les concentrations intérieures, et ce, même durant les périodes d'activité.

Figure 10
Moyenne PM_{10} et PM_1 pour une maison, sur une période de 24 heures, filtre ESP, Maison 3

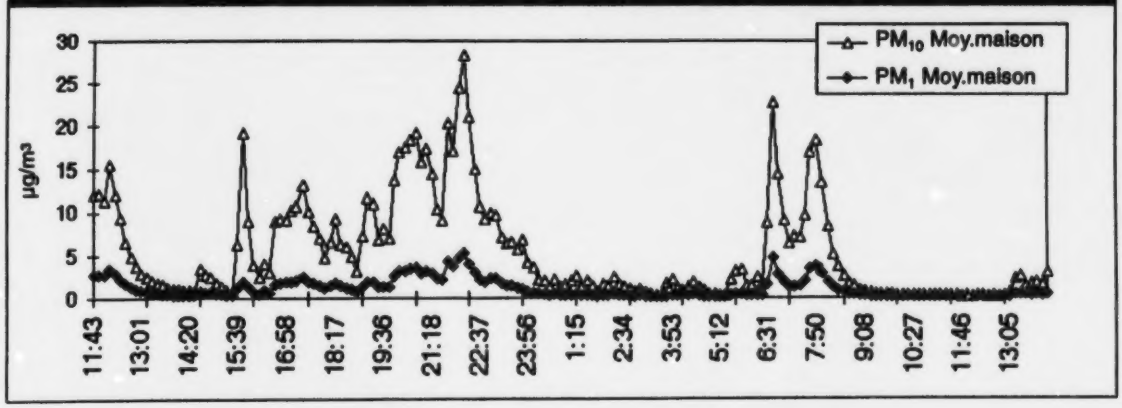


Figure 11
PM_1, moyenne de la maison, 24 heures, filtre ESP, Maison 3

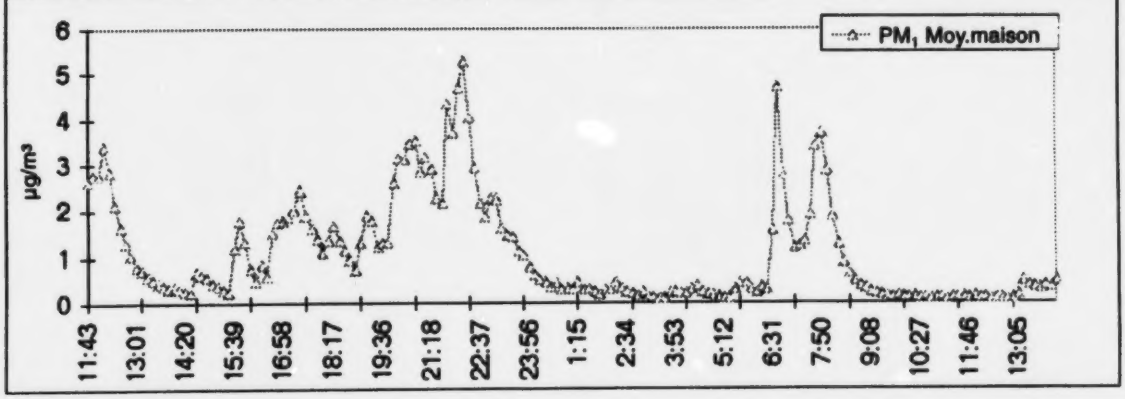


Figure 12
PM_{10} et PM_1, moyenne de la maison, 24 heures, sans filtre, Maison 3

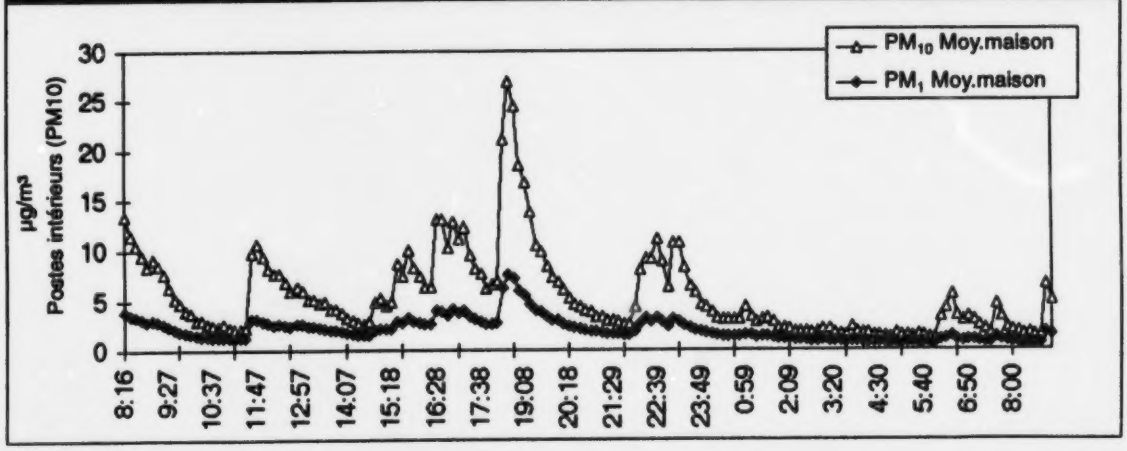


Figure 13
PM_{10}, moyenne de la maison, particules PM_{10} extérieures, renouvellement d'air en L/s , 24 heures, sans filtre, Maison 3

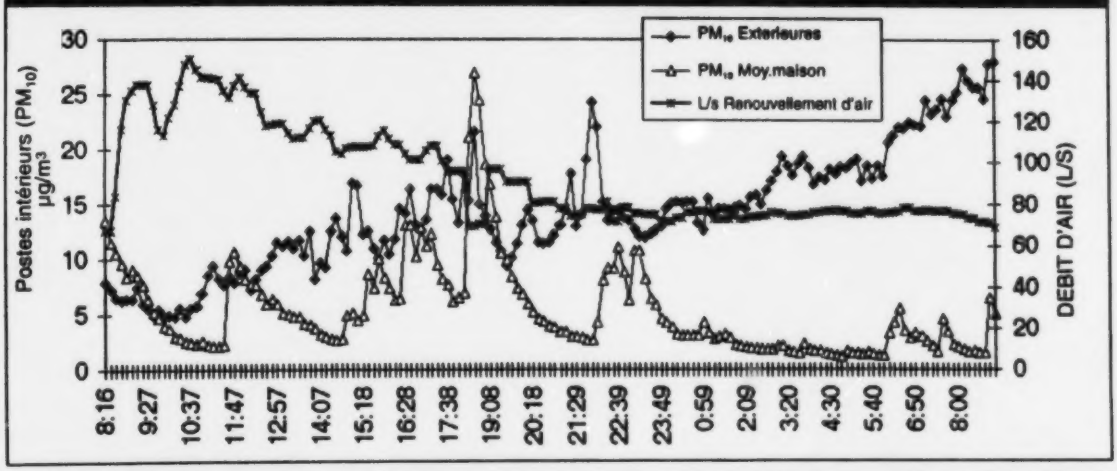
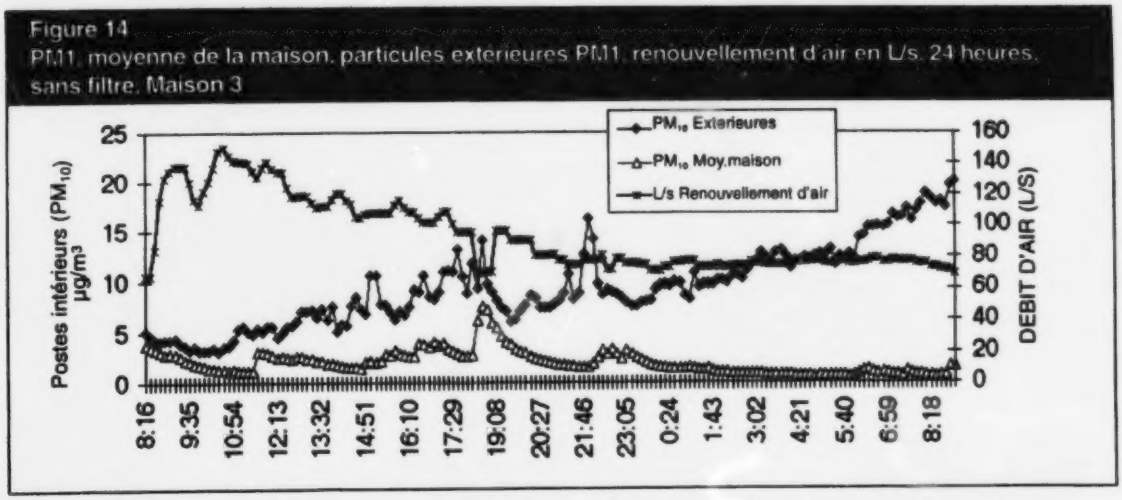


Figure 14
PM1, moyenne de la maison, particules extérieures PM1, renouvellement d'air en L/s, 24 heures, sans filtre, Maison 3



Taux de pénétration des particules extérieures

Dans le cadre de l'analyse dynamique, les chercheurs ont entrepris un examen du taux de pénétration des particules extérieures. Ils ont découvert que les constantes de disparition des particules PM_{10} et PM_5 n'étaient pas sensibles aux hypothèses de taux de pénétration, variant entre 1 et 0, mais que les constantes de disparition PM_1 étaient très susceptibles aux variations de l'hypothèse du taux de pénétration. Une analyse plus approfondie a montré que les meilleurs résultats relatifs à la somme des carrés ont été obtenus pour des hypothèses de taux de pénétration de 0,5 ou moins. Consulter l'Annexe H.6.6 pour en savoir plus sur ce sujet.

Périodes d'activité contre périodes de non-activité

Les figures 15 et 16 illustrent les concentrations intérieures et extérieures moyennes des particules PM_{10}, respectivement, pour les périodes d'activité et de non-activité[20]. Les concentrations extérieures sont données pour démontrer que l'amélioration de certains filtres par rapport à l'absence de filtre peut ne pas être entièrement attribuable à l'action du filtre. En effet, des variations substantielles ont été observées d'une journée à l'autre dans les concentrations de particules extérieures lors des essais portant sus les filtres individuels, et la durée des essais pour chaque filtre a été trop courte pour nier l'effet

Figure 15
Particules intérieures contre particules extérieures PM_{10}, données pour les périodes d'activité, toutes les maisons

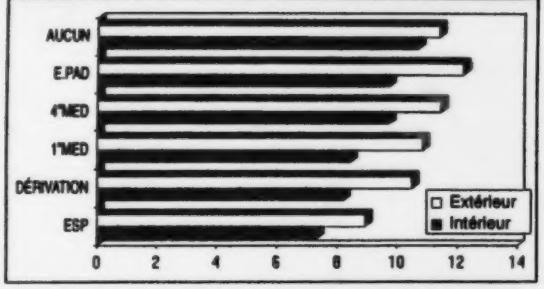


Figure 16
Particules intérieures contre particules extérieures PM_{10}, données pour les périodes de non-activité, maisons 1, 2, 3, 4 et 6

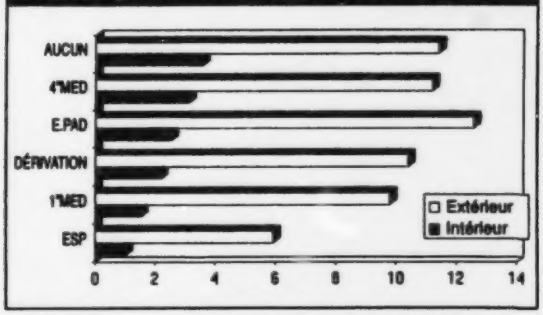


Tableau 5
Réduction moyenne de la concentration des particules intérieures PM_{10} sous le niveau enregistré en l'absence de filtre

FILTRE	Activité		Non- activité	
	µg/m³	% d'amélioration	µg/m³	% d'amélioration
4"MED	1.0	9	0.5	13
E.PAS	1.0	9	1.1	29
BYPASS	2.5	23	1.4	38
1"MED	2.3	21	2.0	57
ESP	3.4	31	2.6	71

potentiel de cette variabilité. L'Annexe I.3 aborde cette question de manière plus détaillée.

Le Tableau 5 fournit la réduction moyenne des concentrations de particules intérieures PM_{10} réalisée par chaque filtre pendant les essais. Les réductions absolues comparées à l'absence de filtre sont similaires qu'il y ait de l'activité dans la maison ou non; cependant, le pourcentage de réduction durant les périodes de non-activité est plus important, principalement en raison de la réduction des concentrations globales des particules en périodes de non-activité.

Analyse dynamique

Une analyse dynamique a été effectuée pour repérer les effets de l'installation et les effets des particules transportées dans la maison par renouvellement de l'air. La Figure 17 montre le $CADR_{DA10}$ pour les périodes de non-activité tracé par rapport au $CADR_{D10}$ tiré des mesures de la concentration des particules intérieures, de la concentration des particules extérieures et du taux de renouvellement d'air. La Maison 3 n'est pas incluse en raison du fonctionnement intermittent du ventilateur qui a varié considérablement durant les périodes de transition. La Maison 5 n'est pas incluse non plus parce que le $CADR_{DA}$ peut être modifié de façon significative par l'entrée de particules dans le boîtier du ventilateur en aval du filtre (voir l'Annexe H.4). Seules les données obtenues lorsque le ventilateur fonctionnait en continu sont utilisées pour la Maison 4.

Élimination globale des particules

Si l'on présume que l'absence de filtre constitue la référence, alors on pourrait s'attendre à ce que les filtres offrent un débit d'air propre différentiel, lequel équivaudrait environ au $CADR_{DA}$. La Figure 18 compare le $CADR_{D10}$ différentiel au $CADR_{DA10}$ calculé pour chaque filtre. Le Tableau 6 fournit la même information, mais ajoute le pourcentage du $CADR_{DA10}$ de chaque filtre qui peut être considéré comme une amélioration du $CADR_{D10}$. Il semble que le $CADR_{DA}$ surestime l'effet réel d'un dispositif de filtration dans certains cas et qu'il le sous-estime dans d'autres. Ce désaccord est très prononcé pour certains filtres, mais il ne l'est pas pour d'autres.

Effets de l'installation

L'influence des effets de l'installation n'est pas claire pour ce qui est des causes des lacunes ou de l'absence de lacunes lorsqu'il s'agit de comparer les valeurs $CADR_{DA}$ aux valeurs $CADR_{D}$. Pour la Maison 5, les valeurs $CADR_{DA}$ semblent être énormément influencées par l'infiltration de

Figure 17
$CADR_{DA10}$ contre $CADR_{D10}$, L/s, données en période de non-activité, maisons 1, 2, 4c et 6

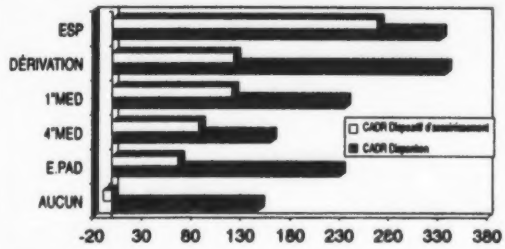


Figure 18
Amélioration du $CADR_{D10}$ par rapport au $CADR_{DA10}$, L/s, données pour périodes de non-activité, maisons 1, 2, 4c et 6

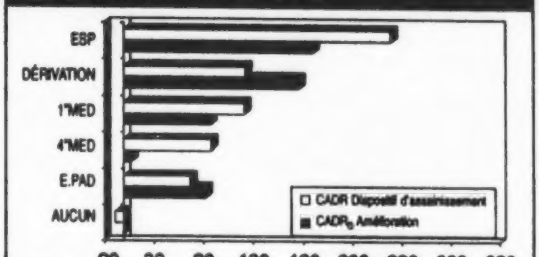


Tableau 6
$CADR_{D10}$, $CADR_{DA10}$ et amélioration du $CADR_{DA10}$, maisons 1, 2, 4c et 6

Filtres	$CADR_{D10}$ L/s	$CADR_{DA10}$ L/s	Amélioration du $CADR_{D10}$	
			L/s	% du $CADR_{DA10}$
AUCUN	148	-9	0	0
E.PAD	230	67	82	122
4"MED	160	88	12	14
1"MED	235	122	87	71
DÉRIVATION	338	123	190	154
ESP	332	269	184	68

particules dans le boîtier du ventilateur, en aval du filtre. Cet effet a été suffisamment prononcé pour engendrer des valeurs $CADR_{DA}$ négatives calculées durant les périodes de non-activité. L'examen du $CADR_D$ pour cette maison au cours de la même période a montré que les particules continuaient d'être éliminées dans la salle de séjour et que cette élimination semblait être influencée par la qualité du filtre, de façon très similaire aux autres maisons (voir la Figure 19). Bien que cette maison ait été exclue de l'analyse parce que cet effet était si prononcé, les autres maisons, sauf la Maison 1, ont affiché une certaine influence en raison de cet effet. Consulter l'Annexe H.4 pour en savoir davantage sur cette question.

Au même moment, la comparaison des modes de fonctionnement intermittent et continu du ventilateur dans la Maison 4 a montré que le fait de seulement utiliser le ventilateur de recirculation d'air peut favoriser l'élimination des particules de l'aire de séjour (voir la Figure 20).

La Maison 3 n'a pas fait partie de l'analyse ci-dessus parce que le ventilateur du générateur d'air chaud a été utilisé en mode intermittent durant tous les essais. En particulier, le fonctionnement du ventilateur du générateur d'air chaud s'est avéré très variable durant les courbes de disparition qui ont été analysées pour obtenir les valeurs $CADR_D$. La Figure 21 montre l'analyse relative à la Maison 3. À cause des nombreuses périodes où le ventilateur n'était pas en marche, seul le filtre ESP a offert des taux de $CADR_{DA}$ significatifs. Malgré tout, le $CADR_{DA}$ de 371 L/s obtenu par le filtre ESP a semblé accroître le débit d'air propre global de 196 L/s par rapport à la référence apparente donnée pour la maison, soit environ 370 L/s.

La complexité des effets systémiques a été confirmée en comparant le $CADR_D$ sans filtre avec le taux de sédimentation prédit par le principe de Stokes. Si l'on présume que la surface de plancher de la maison équivaut à la surface de sédimentation disponible, le taux de sédimentation

Figure 19
$CADR_{DA10}$ versus $CADR_{D10}$, données pour les périodes de non-activité, Maison 5

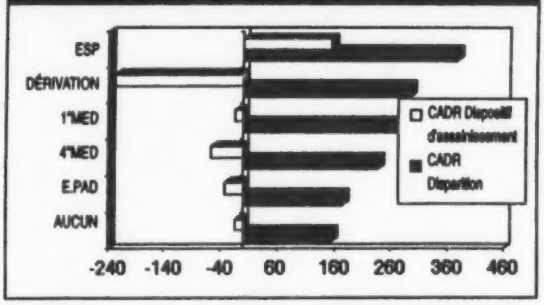
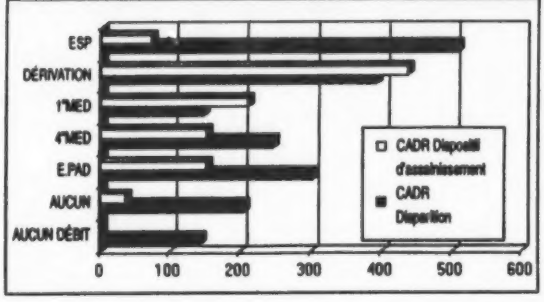


Figure 20
$CADR_{D10}$ versus $CADR_{DA10}$, données pour les périodes de non-activité, Maison 4

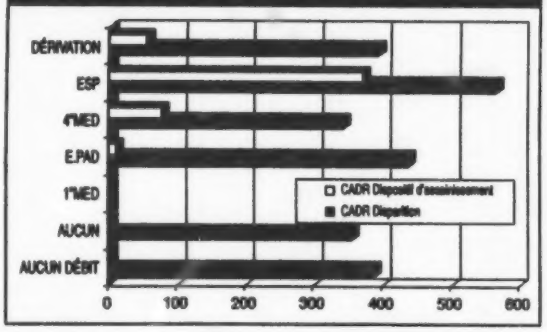


sans filtre s'est révélé deux fois supérieur environ à ce qu'avait prédit le principe de Stokes pour toutes les maisons. La différence réside peut-être dans le fait que d'autres méthodes de collecte n'ont pas été prises en considération, à savoir la diffusion brownienne ou les forces électrostatiques. La véritable surface de sédimentation, qui inclut les meubles et les surfaces verticales, est sans doute supérieure à la surface de plancher. Le fonctionnement du ventilateur, même dépourvu de filtre, peut aussi accroître le taux de sédimentation comparativement à ce que prédit le principe de Stokes. Consulter l'Annexe H.6.8 pour obtenir des renseignements plus détaillés sur cette question.

Résultats des prélèvements effectués sur les personnes par rapport à ceux effectués dans les pièces

La Figure 22 illustre l'excès ou le manque relativement aux concentrations PM_{10} individuelles

Figure 21
$CADR_{D10}$ versus $CADR_{DA10}$, données de transition, Maison 3



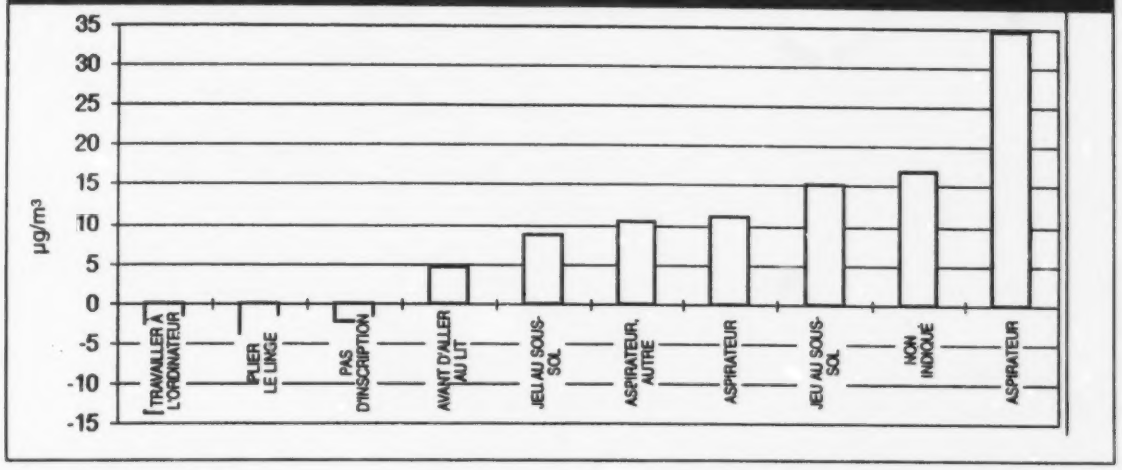
par rapport aux concentrations PM_{10} moyennes de la maison à l'égard de la personne indicatrice de la Maison 3. Les données sont décrites en fonction de l'activité principale et triées.

En général, les échantillons individuels montrent que lorsque les activités sont de nature sédentaire (comme la lecture et le travail sur ordinateur), les concentrations de la zone de respiration ne sont pas tellement supérieures à celles obtenues avec un échantillon fixe. Lorsque le porteur est actif ou qu'il se livre à une activité susceptible d'occasionner la production ou la remise en suspension de particules, les échantillons individuels excèdent les valeurs des échantillons fixes dans une large mesure.

Quand l'activité est vigoureuse (jeux vigoureux), les valeurs des grosses particules augmentent considérablement par rapport aux concentrations générales, et les valeurs des particules fines ne changent pas de façon significative. Cela dit, le passage de l'aspirateur occasionne une augmentation des concentrations de particules de toutes tailles durant l'activité.

Les résultats de cette étude portent à croire que lorsqu'un filtre réduit les concentrations de particules dans un espace, l'exposition individuelle est réduite dans la mesure où la personne ne se livre pas à des activités vigoureuses qui remettent en suspension les particules locales ou qui produisent des particules (la préparation des repas, p. ex.).

Figure 22
Excès de la moyenne individuelle par rapport à la moyenne de la maison, PM_{10} pour diverses activités, Maison 3



Frais d'électricité

Efficacité de l'écoulement de l'air

La Figure 23 illustre l'efficacité des cinq types de filtre pour l'écoulement de l'air ainsi qu'en l'absence de filtre, laquelle est exprimée en watts par L/s de débit d'air. Le filtre en dérivation a affiché une faible efficacité à déplacer l'air (1,3 watt par L/s) à cause de la consommation d'énergie additionnelle exigée par le ventilateur en dérivation et de la résistance au débit d'air typiquement élevée de l'élément du filtre en dérivation. Pour une installation déplaçant 350 L/s d'air, cela pourrait représenter une dépense annuelle d'électricité d'environ 92 $ en mode continu.

Les filtres sur circuit principal (à plein débit) ont tendance à respecter le cycle attendu, c'est-à-dire qu'à mesure que la résistance au débit d'air augmente, la consommation d'énergie par rapport au débit d'air obtenu augmente aussi. Le filtre ESP affiche aussi une faible consommation d'énergie parasite de 20 watts associée aux circuits de charge électrique. La fourchette d'efficacité pour les filtres sur circuit principal va de 0,87 watt par L/s (aucun filtre) à 0,98 watt par L/s (filtre ESP).

La Figure 24 montre les mêmes données, mais organisées selon les maisons plutôt que selon les filtres. Les valeurs d'efficacité vont de 0,80 watt par L/s à 1,16 watt par L/s. La Maison 1 a été équipée d'un moteur à haute efficacité tandis que le ventilateur des maisons 5 et 6 fonctionnait la plupart du temps au ralenti.

Figure 23
Efficacité moyenne de l'écoulement de l'air, en watts par L/s, toutes les données par rapport au filtre

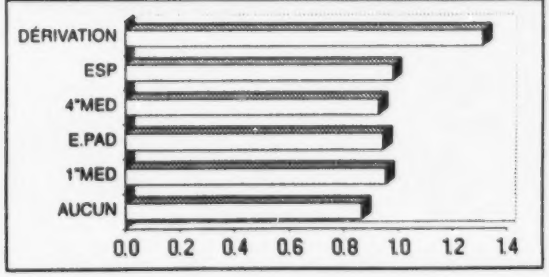
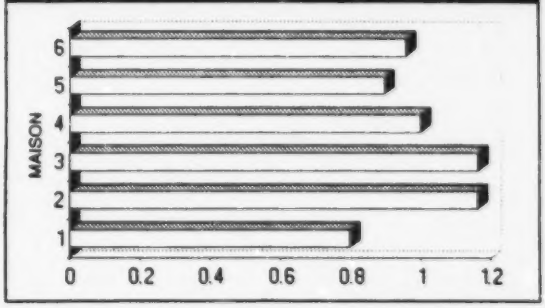


Figure 24
Efficacité moyenne de l'écoulement de l'air, en watts par L/s, toutes les données par rapport à la maison



Fonctionnement continu par rapport au fonctionnement intermittent

Le dispositif d'assainissement de l'air du ventilateur du générateur d'air chaud peut entraîner une charge électrique considérable, surtout s'il fonctionne en continu. Comme nous l'avons indiqué précédemment, les avantages de la filtration ne sont possibles que si le dispositif d'assainissement de l'air est utilisé. Dans une installation où le ventilateur du générateur de chaleur ne fonctionne que selon les besoins de chauffage ou de climatisation de la maison, les frais d'électricité additionnels découlant de la pose du filtre sont négligeables pour un filtre sur circuit principal. Si, toutefois, l'occupant décide de faire fonctionner le ventilateur du générateur de chaleur pendant de plus longues périodes, ou en continu, afin d'augmenter l'effet que procure le filtre, il lui en coûtera davantage en frais d'électricité. S'il choisit de faire fonctionner le ventilateur en continu, la quantité de temps de fonctionnement additionnel variera considérablement d'une maison à l'autre.

Durant la période de contrôle du fonctionnement du ventilateur en mode intermittent, le dispositif d'assainissement de l'air du générateur d'air chaud de la Maison 4 a fonctionné pendant seulement 21 % du temps, consommant environ 2,4 kWh par jour. Si le ventilateur avait été réglé en mode continu, la consommation d'énergie aurait augmenté à 12 kWh par jour. Si l'énergie électrique est évaluée à 0,05 $ le kWh[21], une augmentation du fonctionnement du ventilateur pour cette maison ajouterait des frais de 87 $ sur une période de chauffage de six mois. Si l'on applique un schéma similaire pour la saison de climatisation et que l'énergie électrique consommée durant cette saison est évaluée à 0,10 $ par kWh[22], les frais additionnels requis pour faire fonctionner le ventilateur du générateur de chaleur en mode continu durant la saison de climatisation pourraient atteindre 175 $.

Dans l'autre maison (n° 3), où l'on a permis le fonctionnement intermittent du ventilateur, le dispositif d'assainissement de l'air principal a fonctionné très souvent. Cette maison était équipée d'une pompe à chaleur à air extérieur et à débit variable, et le ventilateur principal a fonctionné 85 % du temps durant la collecte des données, consommant environ 7,7 kWh par jour avec les filtres sur circuit principal. Si le ventilateur du générateur d'air chaud avait été réglé en mode de fonctionnement continu, il en aurait résulté une consommation additionnelle de seulement 1,4 kWh par jour, soit une différence de coût d'à peine 13 $ pour une période de chauffage de six mois. Si un effet similaire se produit durant la saison de climatisation et que l'énergie électrique consommée hors des périodes de chauffage est évaluée à 0,10 $ par kWh, alors les frais additionnels pour un fonctionnement continu hors de la période de chauffage pourraient atteindre quelque 26 $.

Fonctionnement à deux régimes

Le fonctionnement continu au ralenti est souvent mis en place lorsqu'on pose un dispositif de filtration de qualité supérieure. Bien que l'air se déplace moins rapidement que dans les installations dotées d'un ventilateur à régime accéléré, le bruit causé par l'installation et, en théorie, la consommation d'énergie sont plus faibles. Le ventilateur des maisons 5 et 6 a fonctionné en mode continu, au ralenti, le régime accéléré n'étant utilisé que sur demande pour le chauffage. Les deux maisons ont enregistré un cycle de fonctionnement en accéléré de seulement 3 % durant la période de collecte des données. La fréquence de fonctionnement en accéléré, plus faible que prévu, a semblé avoir trait à la nature de la commande du ventilateur sur les différents générateurs d'air chaud, laquelle se fait en fonction de la température de l'échangeur de chaleur[23]. Essentiellement, le ventilateur ne passait du ralenti à l'accéléré que lorsque la température de l'air soufflé était suffisamment élevée. Étant donné que le ventilateur, en régime ralenti, fonctionnait continuellement, le passage du régime ralenti au régime accéléré se produisait plus tard dans le cycle d'allumage du brûleur que pour un passage correspondant du mode fermé au mode accéléré au sein d'une même entrée d'asservissement. Dans certains cas, le brûleur fonctionnait à raison de cycles courts sans provoquer un cycle accéléré. Un examen détaillé des registres de fonctionnement du ventilateur a

Table 7:
Fonctionnement du filtre 4"MED au ralenti et en accelere, maisons 1, 5 et 6

	Accélérée			Ralenti		
Maison	**Watts**	**L/s**	**Watts par L/s**	**Watts**	**L/s**	**Watts par L/s**
6	585	650	0.9	323	417	0.77
5	500	525	0.95	210	223	0.94
1	228	318	0.72	106	150	0.7

montré que, pour ces maisons, le ventilateur peut fonctionner en régime accéléré seulement pendant une brève période le matin lorsque le réglage de nuit du thermostat commande le chauffage.

Le Tableau 7 illustre la consommation d'énergie en régime accéléré et ralenti, le débit d'air et l'efficacité du débit d'air pour les installations des maisons 1[24], 5 et 6 pour ce qui est du filtre 4"MED sur circuit principal. L'efficacité de l'écoulement de l'air s'améliore sensiblement lorsqu'on passe au régime ralenti pour la Maison 6, mais l'amélioration relevée pour les maisons 5 et 1 n'est pas si prononcée. Cependant, selon la façon dont l'installation est réglée, on peut constater une variation du débit d'air de 50 % ou plus et une consommation d'énergie absolue entre les régimes accéléré et ralenti.

On notera que les installations des maisons 5 et 6 sont conçues pour des ventilateurs à courroie, lesquels ne sont habituellement pas utilisés dans les générateurs d'air chaud neufs. Le ventilateur de la Maison 1 utilise un moteur PSC à polarités changable et à entraînement direct, un appareil censé offrir une meilleure efficacité qu'un moteur PSC traditionnel à entraînement direct. C'est pourquoi ces résultats pourraient ne pas être représentatifs des installations générales lorsqu'on utilise des moteurs PSC standards, à entraînement direct, mais à polarité fixe.

Coût de l'air propre

Les facteurs économiques qui entrent dans la sélection des filtres sont le coût d'investissement initial, les frais d'utilisation et les frais d'entretien.

Les frais d'utilisation annuels ont été déterminés comme suit :

- Le coût d'investissement initial est amorti sur 15 ans.
- Le calcul du coût de remplacement de l'élément tient pour acquis qu'un média jetable de 25 mm sera remplacé quatre fois par année et qu'un média jetable de 100 mm sera changé une seule fois par année. On présume que des activités comme le nettoyage des filtres E.PAD et ESP seront effectuées par l'occupant sans qu'il lui en coûte quoi que ce soit.
- Les frais d'électricité annuels liés à l'utilisation sont considérés comme étant la différence de consommation d'énergie entre l'emploi d'un filtre et l'absence de filtre, calculés pour chaque filtre conformément aux mesures prises dans la Maison 1, pour un débit normalisé de 300 L/s, à raison d'un tarif d'électricité de 0,05 $ le kWh durant la saison de chauffage et de 0,10 $ pour le reste de l'année[25]. On présume que le ventilateur du générateur de chaleur fonctionne en continu pour que cette valeur n'entraîne pas de coût lorsque l'occupant passe du mode intermittent au mode continu.

Le Tableau 8 dresse la liste des frais annuels d'investissement, d'entretien et d'utilisation pour les 10 filtres mis à l'essai dans la Maison 1. Les frais annuels sont répartis en coûts énergétiques

Tableau 8
Frais d'investissement, d'entretien et d'utilisation de 10 filtres

Code	Coût d'investissement amorti sur 15 ans	Frais d'entretien annuels	$CADR_{DA10}$ L/s	Coût annuel de l'air propre (non lié à l'énergie) $ par L/s	Coût annuel de l'air propre (lié à l'énergie) $ par L/s	Coût annuel de l'air propre $ par L/s
ORD	$ 0.00	$ 8[2]	-11	N/A	N/A	N/A
1"PLT	0.00	48[2]	17	$ 2.83	$ 0.53	$3.36
1"MED	0.00	100[2]	97	1.03	0.10	1.13
PAS.E	6.67	0	300	0.23	0.40	0.63
E.PAD	10.00	33.33[2]	44	0.98	0.27	1.25
4"MED	33.34[6]	60[3]	60	1.55	0.16	1.71
95MED	26.67[1]	200[3]	155	1.46	0.25	1.71
ESP	46.67	20[5]	298	0.22	0.04	0.26
TFP	66.67	36.01[7]	65	1.57	0.72	2.29
HEPA	146.67	93[4]	175	1.37	0.66	2.03

Notes :
1 Le coût de la pose comprend le coût d'une boîtier ou d'un support.
2 Fondé sur quatre remplacements par année.
3 Fondé sur un remplacement par année.
4 Fondé sur un élément de 370 $ d'une durée de vie de quatre ans.
5 On présume que l'occupant n'a rien à débourser puisqu'il procède lui-même au nettoyage.
6 On présume qu'il s'agit d'une nouvelle installation; le coût de remplacement d'un filtre ESP est de 125 $ (prix courant).
7 Fondé sur le remplacement de deux des six éléments par année.

et en coûts non énergétiques. Une valeur appelée « coût annuel de l'air propre, $ par L/s » a été obtenue en divisant le $CADR_{DA10}$ de chaque filtre en coûts d'utilisation annuels. Cette valeur est semblable au « coût annuel par unité d'air propre » calculé par Offermann et coll. (1992). Il est à noter que cette valeur comprend seulement les coûts additionnels d'énergie associés au filtre, et non les coûts inhérents au temps additionnel de fonctionnement du ventilateur.

Lorsqu'on tient compte des coûts d'utilisation annuels globaux, il faudrait prendre en considération le coût inhérent au fonctionnement continu du ventilateur si l'occupant ne l'utilise pas déjà dans ce mode. Il faut envisager un ventilateur de recirculation existant, dans une maison hypothétique, qui fonctionne de façon intermittente à raison d'un débit de 300 L/s. La fraction « ventilateur en fonction » d'une demande de chauffage ou de climatisation s'élève à 25 %. Le fonctionnement continu du ventilateur nécessite un coût additionnel d'achat d'énergie de 133 $ fondé sur les hypothèses posées à l'Annexe H.10. L'emploi d'un filtre 1"MED se traduirait par un coût d'utilisation annuel global de 243 $ réparti comme suit :

Utilisation du filtre, entretien et énergie; débit d'air propre de 97 L/s x 1,13 $ =	110 $
Coût d'énergie additionnel pour utiliser en continu le ventilateur du générateur d'air chaud	133 $
Total	243 $

L'emploi d'un filtre présentant un facteur de coût plus élevé et un débit d'air propre plus élevé comme celui fourni par le filtre HEPA en dérivation entraînerait un coût annuel global de 510 $, réparti comme suit :

Utilisation du filtre, entretien et énergie; débit d'air propre de 175 L/s x 2,03 $ =	355 $
Coût d'énergie additionnel pour utiliser en continu le ventilateur du générateur d'air chaud	133 $
Total	488 $

Bien que l'installation HEPA représente un coût annuel global supérieur, les deux dispositifs ne peuvent être directement comparés puisque le filtre HEPA offre un meilleur débit d'air propre (175 L/s) que le filtre 1"MED (97 L/s).

Production d'ozone par un filtre électrostatique; propre ou sale

La Figure 25 présente l'intensité de la source de production d'ozone pour chaque filtre avant et après leur nettoyage. Il ne semble pas y avoir de rapport particulier entre le taux de production d'ozone et le nettoyage. Pour certains filtres, on n'a noté aucun changement appréciable (la Maison 15, p. ex.). Pour d'autres filtres, la production d'ozone a augmenté après le nettoyage (Maison 12) ou a diminué (Maison 14).

La Figure 26 illustre la réduction (ou l'augmentation) de l'intensité de la source d'ozone après le nettoyage comparativement au changement dans la masse de l'élément et du crible avant et après le nettoyage. En théorie, si la production d'ozone a un rapport avec le degré de négligence, on devrait s'attendre à ce que les dispositifs de filtration présentant le plus important changement de masse après un nettoyage affichent la plus grande variation de l'intensité de la source d'ozone. Or, cette relation ne s'est pas manifestée. En effet, certaines maisons ont subi une diminution substantielle de la production d'ozone après un important changement de masse (Maison 14), tandis que d'autres ont subi une augmentation considérable de production d'ozone même si leur masse n'avait que légèrement changé (Maison 12).

Figure 25
Intensité de la source d'ozone (microlitres/sec): filtre ESP avant et après le nettoyage

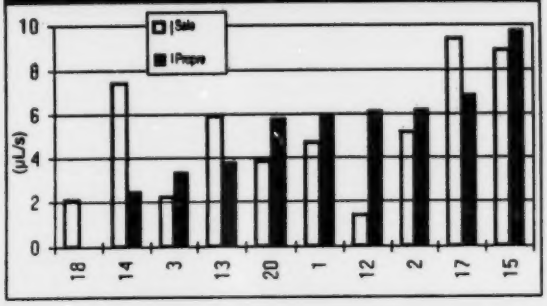
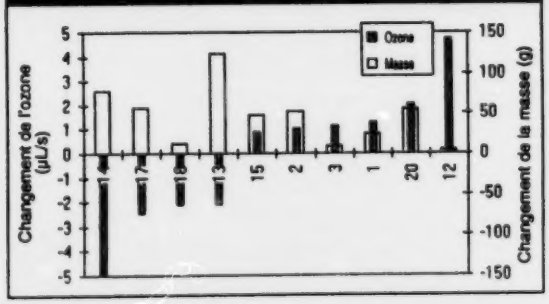


Figure 26
Changement de l'intensité de la source d'ozone (microlitres/sec) par rapport au changement de masse à la suite d'un nettoyage



Production d'ozone par un filtre électrostatique; variation en fonction du débit d'air

La Figure 27 montre le plus haut taux de production d'ozone enregistré pour chacun des filtres mis à l'essai pour lesquels on dispose de données valides. Les 12 cas donnent une intensité de la source moyenne de 6 µL/s (écart-type de 3). En général, l'intensité de la source pour les filtres est indépendante du débit d'air, certaines maisons enregistrant des intensités élevées pour des débits d'air élevés (Maison 15) tandis que d'autres présentent des taux d'émission bas pour des débits d'air élevés (maisons 18 et 14). Même si le débit d'air au ralenti n'a pas été mesuré pour les installations à deux régimes, les concentrations d'ozone en amont et en aval ont été mesurées pour les installations pouvant fonctionner à deux régimes. Règle générale, on a enregistré une

Figure 27
Intensité de la source d'ozone par rapport au débit d'air

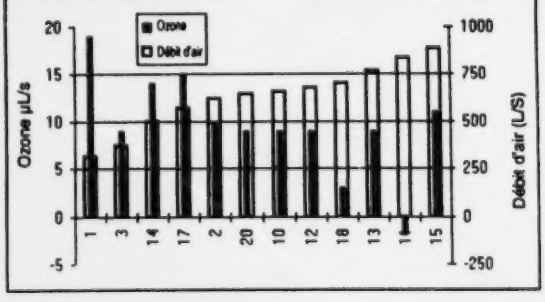


Figure 28
Concentrations d'ozone, à l'intérieur et à l'extérieur, avant le nettoyage du filtre ESP (en parties par milliard)

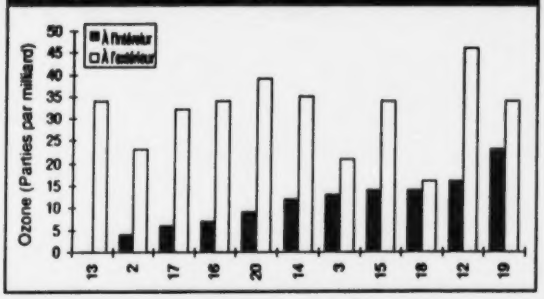


Figure 29
Concentrations d'ozone, à l'intérieur et à l'extérieur après le nettoyage (filtre ESP non utilisé) (parties par milliard)

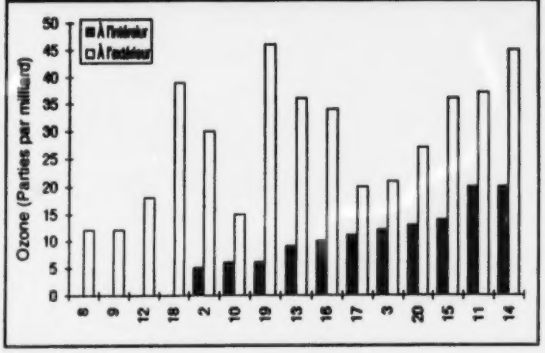
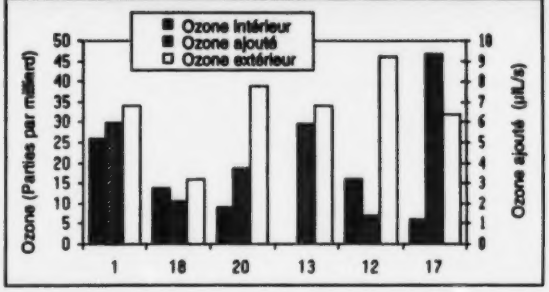


Table 9
Concentrations d'ozone, à l'intérieur et à l'extérieur, avant le nettoyage du filtre ESP (en parties par milliard)

	Avant le nettoyage du filtre ESP (tel quel)		Après le nettoyage (filtre ESP non utilisé)	
	Ozone intérieur	Ozone extérieur	Ozone intérieur	Ozone extérieur
Moyenne	11	32[1]	8	29[1]
Écart-type	6	9	7	12
Maximum	23	46	20	46
Minimum	0	16	0	12

Figure 30
Concentrations intérieures d'ozone avec surface de fuite équivalente de la maison et taux d'émission d'ozone



augmentation de la concentration d'ozone en aval du filtre lorsque le ventilateur fonctionnait au ralenti.

Ces observations portent à penser que l'intensité de la source d'ozone n'est pas directement liée au débit d'air; elle serait plutôt relativement constante, en dépit du débit d'air.

Production d'ozone par un filtre électrostatique, contribution aux concentrations dans la maison

La Figure 28 fait état des concentrations d'ozone enregistrées à l'intérieur et à l'extérieur de la maison au moment de la première visite. Les données incluent les cas où le filtre ESP est utilisé et les cas où il ne l'est pas (à cause d'une défectuosité ou parce que le ventilateur du générateur d'air chaud ne fonctionne pas en continu).

La Figure 29 présente les concentrations d'ozone enregistrées à l'intérieur et à l'extérieur au moment de la deuxième visite. À ce moment-là, le filtre ESP n'a pas été utilisé pendant quelques jours, donc la concentration d'ozone peut être prise comme le cas « sans filtre ESP ». Les résultats sont très similaires au cas dit « tel quel ».

Les concentrations intérieures sont généralement beaucoup plus faibles que les concentrations extérieures. Jamais au cours de l'étude les concentrations intérieures n'ont dépassé les concentrations extérieures. Sur les maisons mises à l'essai, 33 % avaient des concentrations intérieures de 15 parties par milliard ou plus lors d'au moins une des visites de la maison.

Pour déterminer si les concentrations intérieures avaient été touchées par le fonctionnement du filtre ESP, on a prélevé parmi l'ensemble de données un groupe de maisons dont on savait qu'un filtre ESP y avait été utilisé pendant un certain temps alors que le ventilateur était en mode continu. La Figure 30 montre ce groupe de maisons et s'accompagne de l'intensité de la source d'ozone. La Maison 1 a enregistré un niveau inhabituellement élevé d'ozone à l'intérieur[26].

Purificateurs portatifs

La Figure 31 donne les concentrations de particules de la chambre par rapport aux concentrations moyennes de particules de la maison qui ont été enregistrées lorsque le filtre portatif fonctionnait et lorsqu'il ne fonctionnait pas. Sans le filtre, les concentrations de la chambre correspondent constamment aux concentrations moyennes de la maison. Quand le filtre est utilisé, les concentrations de la chambre sont immanquablement réduites à 50 % ou moins de la moyenne de la maison.

La Figure 32 montre les concentrations de particules du bureau par rapport aux concentrations moyennes de particules de la maison qui ont été enregistrées lorsque le filtre portatif fonctionnait et lorsqu'il ne fonctionnait pas. Sans le filtre, les concentrations du bureau sont similaires ou supérieures aux concentrations moyennes de la maison. Quand le filtre fonctionne, les concentrations de la chambre sont immanquablement réduites à 75 % ou moins de la moyenne de la maison.

Figure 31
Rapport entre les concentrations de la chambre et la moyenne de la maison, avec et sans utilisation du filtre portatif

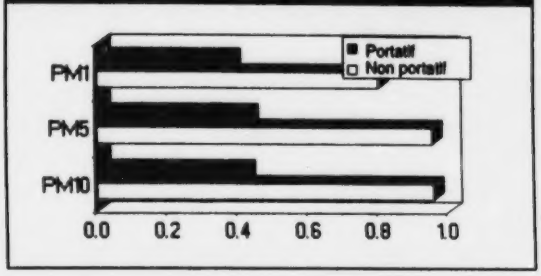
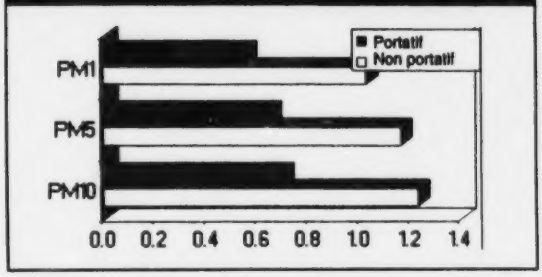


Figure 32
Rapport entre les concentrations du bureau et la moyenne de la maison, avec et sans utilisation du filtre portatif



4. CONCLUSIONS

Méthodes de classement des filtres

Cette étude a permis de constater qu'il existe des méthodes de classement représentatives et révélatrices, telles que la méthode des taches de poussière de l'ASHRAE, mais que les fournisseurs de filtres ne les présentent pas souvent de manière utile aux consommateurs. En ce qui concerne l'efficacité, on trouve une surabondance de termes et de mentions pouvant prêter à confusion et rendant difficile, voire impossible, la comparaison entre les filtres pour la grande majorité des consommateurs, à moins qu'ils possèdent des connaissances techniques approfondies. Des expressions établies et significatives comme le « débit d'air propre », lesquelles permettraient d'effectuer des comparaisons entre les filtres en dérivation et les filtres sur circuit principal, par exemple, ne sont habituellement pas utilisées par les fournisseurs de filtres. Les produits de filtration centrale pourraient bénéficier de méthodes de classement similaires aux ventilateurs d'extraction résidentiels. En effet, ces dispositifs possèdent une étiquette portant un classement simple et uniforme du débit d'air et du bruit établi à partir d'essais indépendants (HVI, 1998).

Résistance à l'écoulement de l'air

Quoique cette étude n'ait pas examiné la performance des filtres durant leur durée utile, les filtres propres n'offraient pas une résistance excessive à l'écoulement de l'air.

Exposition aux particules inhalables et respirables

L'exposition des occupants semble directement liée à leurs activités lorsque ceux-ci sont à la maison et actifs. L'utilisation d'un filtre central de générateur de chaleur paraît n'avoir qu'un effet modéré sur l'exposition d'une personne aux particules respirables à la maison. Même si l'effet d'un filtre central est plus prononcé lorsqu'il n'y a personne à la maison, ou lorsque les occupants sont inactifs (période de sommeil), on ne sait trop si cet état de chose a un effet significatif sur l'exposition des occupants aux particules inhalables et respirables.

Le contrôle individuel a montré que l'exposition d'une personne aux particules en suspension a été semblable à ce qu'on a mesuré aux postes fixes placés dans la maison, mais le fait d'être actif a joué un rôle très important en ce qui concerne l'exposition d'une personne aux particules.

L'effet d'un filtre central ne semble pas être directement relié au taux d'élimination des particules qui serait calculé simplement en multipliant l'efficacité d'élimination des particules par le débit d'air. Les taux d'élimination des particules réels ont varié entre 14 % et 154 % (voir le Tableau 6) de l'élimination des particules attendue calculée en multipliant l'efficacité par le débit d'air mesuré.

Évaluation des différents types de filtre

Filtre ordinaire de générateur de chaleur
- Ne capte pas les particules inhalables ou respirables.

Filtre plissé de 25 mm (ordinaire)
- N'offre pas une bonne valeur; coûte 3,36 $ annuellement par L/s d'air propre.

Filtre plissé de 25 mm (haut de gamme)
- Offre une bonne valeur; coûte 1,13 $ annuellement par L/s d'air propre.
- Facile à trouver.
- Ne nécessite pas de pose spéciale, d'alimentation électrique ou de modifications de conduit.

Filtre électrostatique passif de 25 mm
- Offre une bonne valeur; coûte 0,63 $ annuellement par L/s d'air propre.

- Performance globale modeste.
- Facile à trouver.
- Ne nécessite pas de pose spéciale, d'alimentation électrique ou de modifications de conduit.

Tampon à charge électrostatique
- Offre une bonne valeur; coûte 1,25 $ annuellement par L/s d'air propre.
- Performance globale modeste.
- Facile à trouver.
- Ne nécessite pas de pose spéciale ou de modifications de conduit.
- L'alimentation de faible tension peut nécessiter la modification du câblage électrique (prise de courant).

Filtre plissé de 100 mm
- Offre une valeur moyenne; coûte 1,71 $ annuellement par L/s d'air propre.
- Performance globale modérée.
- Nécessite une pose spéciale et la modification des conduits.
- Il n'est pas nécessaire de prévoir une alimentation électrique.

Filtre plissé à efficacité de 95 % selon la méthode des taches de poussière
- Offre une valeur moyenne; coûte 1,71 $ annuellement par L/s d'air propre.
- Performance globale élevée.
- Nécessite une pose spéciale et la modification des conduits.
- Pas facile à trouver sur le marché.
- Peut restreindre le débit d'air s'il n'est pas choisi avec soin.
- Il n'est pas nécessaire de prévoir une alimentation électrique.

Filtre électronique à plaques et à fils
- Offre une bonne valeur; coûte 0,26 $ annuellement par L/s d'air propre.
- Performance globale élevée.
- Nécessite une pose spéciale et la modification des conduits.
- L'alimentation électrique peut nécessiter la modification du câblage (prise de courant).

Dépoussiéreur à écoulement turbulent (en dérivation)
- Offre une valeur moyenne; coûte 2,29 $ annuellement par L/s d'air propre.
- Performance globale moyenne.
- Nécessite une pose spéciale et la modification des conduits.
- L'alimentation électrique peut nécessiter la modification du câblage (prise de courant).

Filtre HEPA (en dérivation)
- Offre une valeur moyenne; coûte 2,03 $ annuellement par L/s d'air propre.
- Performance globale élevée.
- Nécessite une pose spéciale ou la modification des conduits.
- L'alimentation électrique peut nécessiter la modification du câblage (prise de courant).

Purificateurs d'air électroniques et production d'ozone

Les purificateurs d'air électroniques (ESP) ont produit de l'ozone à l'intérieur de la maison lorsque le ventilateur de recirculation fonctionnait. On n'a pu établir aucun lien particulier entre la propreté des filtres et la production d'ozone. La valeur moyenne de l'intensité de la source a été de 6 µL/s. On a noté que l'intensité de la source n'était pas fortement associée au débit d'air, mais qu'elle semblait relativement constante.

Les concentrations d'ozone mesurées à l'intérieur étaient toujours inférieures à celles de l'extérieur. Bien que le fonctionnement du filtre ESP ajoute de l'ozone au milieu intérieur, on n'a pas pu déterminer dans quelle mesure ce dispositif contribue aux concentrations intérieures d'ozone.

Coûts d'utilisation des filtres

Le fonctionnement du ventilateur de recirculation agit directement sur la performance d'un filtre central, en ce sens que si le ventilateur ne fonctionne pas, il ne se produit aucune filtration. Certaines données portent à croire qu'un ventilateur qui fonctionne au sein d'une installation centrale dépourvue de filtre contribue à accroître les taux de sédimentation par rapport à ce que l'on constate

lorsque le ventilateur de recirculation d'air central n'est pas en fonction. Lorsqu'il était possible de faire fonctionner le ventilateur de façon intermittente, les fractions « en marche » du cycle ont varié entre 26 % et 86 %, ce qui semble indiquer que, pour quelques maisons, il peut suffire de faire fonctionner le ventilateur de façon intermittente si les cycles de marche sont suffisamment longs. Dans d'autres situations, il faudra faire fonctionner le ventilateur du générateur d'air chaud en continu afin d'obtenir une filtration satisfaisante.

Selon le mode d'utilisation de base du ventilateur, si l'on décidait de le faire fonctionner en continu pour améliorer la filtration, il pourrait s'ensuivre une augmentation des dépenses d'énergie annuelles pouvant atteindre 250 $. En outre, les frais liés à la possession et à l'entretien d'un filtre pourraient varier entre 7 $ et 240 $.

Les filtres posés en dérivation ont consommé beaucoup plus d'énergie électrique que les dispositifs sur circuit principal. Les frais annuels additionnels requis par l'utilisation d'un filtre en dérivation pourraient être aussi élevés que 120 $.

Le fonctionnement du ventilateur en continu, mais au ralenti, semble constituer une stratégie efficace, pourvu que la consommation d'énergie soit réduite dans des proportions appropriées. Pour les dispositifs mis à l'essai, le fonctionnement au ralenti a semblé diminuer la proportion de fois où, autrement, il aurait fallu faire fonctionner le ventilateur en régime accéléré pour les besoins de chauffage.

Purificateurs d'air portatifs

Les essais limités effectués sur les purificateurs d'air portatifs révèlent qu'ils sont très efficaces pour éliminer les particules dans une seule pièce.

Généralités

Cette recherche a montré que les filtres améliorés posés au sein d'une installation de chauffage à air pulsé réduisent la quantité de particules qui circulent dans les conduits, environ en proportion de leur efficacité mesurée. Les résultats obtenus montrent aussi que l'utilisation d'un filtre central n'entraîne pas une réduction correspondante des concentrations des particules dans les zones occupées de la maison. Par ailleurs, la remise en suspension et la production de particules en raison de l'activité semblent être les facteurs qui influent le plus sur l'exposition des occupants aux particules à l'intérieur de la maison.

La quantité limitée d'essais ne permet pas de tirer des conclusions en ce qui concerne la réduction à long terme des particules dans une maison où des filtres à plus haute efficacité ont été utilisés pendant des périodes prolongées. La présence de particules domestiques et l'exposition qui s'ensuit par remise en suspension peuvent être maîtrisées en enlevant les chaussures avant de circuler dans la maison, en interdisant l'accès aux principaux générateurs de poussière (comme la fumée de tabac), en passant l'aspirateur avec un appareil efficace et en réduisant l'infiltration d'air extérieur chargé de particules grâce à une meilleure étanchéité à l'air de la maison et en installant un filtre dans le conduit d'entrée d'air extérieur.

RÉFÉRENCES

AHAM (Association of Home Appliance Manufacturers), 1998, *American National Standard Method for Measuring Performance of Portable Household Electric Cord-Connected Room Air Cleaners*, ANSI/AHAM AC-1-1998, Chicago, Illinois.

ASHRAE, 1992, *Gravimetric and Dust-Spot Procedures for Testing Air-Cleaning Devices Used in General Ventilation for Removing Particulate Matter*, Norme 52.1.

Burroughs, H.E.B. et K.E. Kinzer, 1998, « Improved Filtration in Residential Environments », *ASHRAE Journal*, juin, p. 47 à 51.

Consumer Reports Magazine, 1992, « Household Air Cleaners », octobre, p. 657 à 662.

The Expositor, 1999, « Air We Breathe Deadly », Brantford, Ontario, 9 mars, p. 1 et 2.

Hanley, J.T. et D.D. Smith, 1993, *Testing Criteria for Electronic Air Cleaners*, Canadian Electrical Association, CEA 906 U 708 PH. II.

Hinds, W.C., 1982, Aerosol Technology, John Wiley & Sons, NY.

HRAI (Heating Refrigerating and Air Conditioning Institute of Canada), 1998, *Residential Air System Design Student Reference Guide*, édition 1998, HRAI-SkillTech, août.

HVI (Home Ventilation Institute), 1998, *HVI Certified Products Directory*, Division of Air Movement and Control Association, HVI 911, juin.

Leventin, E., 1992, *Test of 12 Brands of Portable Air Cleaners*, abrégé n° 452, American Academy of Allergy Meeting, du 6 au 11 mars.

McCuaig, L. et T. Robinson, 1986, *Medium Efficiency Filtration: Improved Filters for Residential Forced Air Furnaces*, Société canadienne d'hypothèques et de logement, septembre.

Offermann, F.J., S.A. Loiselle et R.G. Sextro, 1992, « Performance of Air Cleaners in a Residential Forced Air System », *ASHRAE Journal*, juillet, p. 51 à 57.

ONGC (Office des normes générales du Canada), 1986, *Détermination de l'étanchéité à l'air des enveloppes de bâtiment par la méthode de dépressurisation au moyen d'un ventilateur*, CAN/CGSB-149,10-M86, décembre.

Raab, K.H., 1982, *Upgrading Residential Forced Air Filtration*, Société canadienne d'hypothèques et de logement, septembre.

Ressources naturelles Canada, 1997, *Évolution des caractéristiques des maisons au Canada*, Base de données nationale sur la consommation d'énergie, Ottawa, Ontario.

Santé Canada, 1989, *Directives d'exposition concernant la qualité de l'air des résidences*, révisé, Ottawa, Ontario.

Spector, D.M., M. Lippman, P.J. Lioy, G.D. Thurston et coll., 1988, « Effects of Ambient Ozone on Respiratory Function in Active Normal Children », *American Review of Respiratory Disease*, n° 137, p. 313 à 320.

Thatcher, Tracey, L. et W. Layton Davis, 1995, « Deposition Resuspension & Penetration of Particles within a Residence », *Atmospheric Environment*, vol. 29, n° 13, p. 1487 à 1497.

U.S. Department of Navy, 1956, *DOP-Smoke Penetration and Air Resistance of Filters*, U.S. Military Standard MIL-STD-282, Department of Navy-Defence Printing Service, Philadelphia, Pa.

Walker, I.S. et D.J. Wilson, 1990, *The Alberta Air Infiltration Model*, Technical report #7, University of Alberta Dept. of Mechanical Engineering Technical, janvier.

Wilson, D.J. et I.S. Walker, 1990, « Combining Air Infiltration and Exhaust Ventilation », *Proceedings of Indoor Air '90*, Toronto, p. 467 à 472.

[1] Une étude (McCuaig et Robinson, 1986) a fait ressortir que la capacité d'éliminer des particules variait en fonction de la vélocité du courant d'air.

[2] L'ozone est un important irritant respiratoire. On sait que les filtres électroniques à plaques et à fils peuvent produire de l'ozone, surtout si le débit d'air est trop faible ou s'ils sont mal installés. On ne sait pas toutefois si l'ozone créé dans ces circonstances a une incidence sur la santé de l'occupant.

[3] Particules de matière de moins de 10 micromètres (m).

[4] Dans cette étude, cette forme de débit d'air propre est appelée $CADR_{DA}$, c'est-à-dire le débit d'air propre fourni par le dispositif d'assainissement de l'air.

[5] Dans cette étude, cette forme de débit d'air propre est appelée $CADR_{D}$, c'est-à-dire le débit d'air propre en fonction de la disparition.

[6] C'est-à-dire en comparant les résultats des deux échantillonneurs lorsque les essais portaient sur le même courant d'air ou le même emplacement d'air ambiant.

[7] Se référer à l'Annexe A pour obtenir une description de la Maison 1.

[8] La Maison 1 plus cinq maisons.

[9] Dans certains cas, il n'était pas pratique de prélever l'échantillon directement en aval du filtre, c'est pourquoi les mesures en aval ont été prises à la sortie du générateur d'air chaud ou du ventilateur de recirculation de l'air.

[10] Aussi appelé essai au moyen d'un ventilateur à débit contrôlé.

[11] Les données de transition portent sur la période entre la fin d'une activité et le moment où les concentrations de particules semblent se stabiliser. Les données obtenues durant ces périodes forment la courbe de disparition. Consulter l'Annexe H.6.1 pour obtenir des renseignements détaillés sur le choix de la courbe de disparition.

[12] Des taux de pénétration de 1,0, 0,5 et 0 ont été appliqués de façon expérimentale aux données recueillies; on a constaté qu'un taux de pénétration de 0,5 ou moins était des plus approprié. Voir l'Annexe H.6.6 pour en savoir plus sur le sujet.

[13] Un dispositif vendu dans le commerce a été utilisé à faible régime à raison d'un débit d'air propre de 59 L/s. Ce dispositif peut fournir un débit d'air et un débit d'air propre de 118 et 142 L/s lorsque le ventilateur fonctionne en régime normal et accéléré.

[14] En raison de la méthode de calcul gravimétrique utilisée, les valeurs PM5 englobent le poids des particules PM1, et les valeurs PM10 englobent le poids des particules PM5 et PM1.

[15] Les filtres TFP et HEPA sont placés en dérivation et ne peuvent être évalués au moyen de cette méthode.

[16] Les dimensions du filtre testé sont de 400 mm sur 635, valeur nominale (16 po sur 25 po). Les débits d'air indiqués peuvent être convertis en valeurs de vélocité au moyen du facteur suivant : L/s * 0,00394 = V m/s, ou L/s * 0,76534 = V pi/mn.

[17] Les filtres TFP et HEPA sont placés en dérivation et ne peuvent être évalués à l'aide de cette méthode.

[18] Pour le filtre placé en dérivation, il fallait que le ventilateur du générateur fonctionne continuellement; les données ne sont donc pas disponibles pour ce mode.

[19] En général, les concentrations de particules enregistrées à l'extérieur durant la tenue de cette étude étaient plus faibles que celles qui étaient mesurées aux stations de contrôle régionales et que celles enregistrées lors d'autres études nord-américaines menées sur les particules extérieures. Consulter l'Annexe I, section I.1 et I.2, pour en savoir plus.

[20] Les données d'activité portent sur toutes les maisons. Les données de non-activité n'incluent pas la Maison 5 parce que des particules pouvaient peut-être s'infiltrer par le boîtier du ventilateur. Voir l'Annexe H.4.

[21] La valeur de 0,05 $ par kWh a été sélectionnée en tenant compte du prix d'achat de l'énergie électrique et d'un certain écart relatif à la valeur de l'énergie de chauffage fournie durant la saison de chauffage. L'Annexe H.10 traite de la question de manière plus détaillée.

[22] La valeur de 0,10 $ par kWh a été sélectionnée en tant compte du prix d'achat de l'électricité et du fait qu'il n'était pas souhaitable de provoquer des charges électriques internes additionnelles durant la saison de climatisation. Consulter l'Annexe H.10 pour obtenir plus de détails.

[23] Les générateurs d'air chaud plus modernes utilisant des algorithmes de flux de commandes pour régler la vitesse du ventilateur directement en fonction de la demande de chauffage pourraient ne pas présenter les mêmes caractéristiques de fonctionnement.

[24] Le ventilateur de la Maison 1 a fonctionné à régime moyen durant les essais d'efficacité du filtre, mais les données ponctuelles sont disponibles à faible régime de ventilateur pour chacun des filtres.

[25] L'Annexe H.10 explique le choix du tarif de l'énergie électrique.

[26] Le ventilateur d'extraction central de l'installation de ventilation de la maison était fermé.